Revue générale des Sciences
pures et appliquées
et Bulletin de la Société Philomathique
T. LVI Nos 11-12 1949

Chronique et Correspondance

Le bicentenaire de la naissance de LAPLACE

De nombreuses manifestations ont eu lieu cette année pour commémorer le bicentenaire de la naissance de Laplace. Il y a eu des « séances Laplace » à la Société Royale des Sciences d'Edinburgh, aux Cours d'été de Darmstadt, à l'Université de Caen, au Palais de la Découverte, à la Société Astronomique de France, à Beaumont-en-Auge, à Arcueil, etc. Laplace est sans doute un des représentants les plus éminents de la Science Française. Toute l'astronomie du XIXe siècle a été basée sur la *Mécanique Céleste* de Laplace. Et, lorsque les recherches contemporaines de physique ont fait apparaître, à côté du déterminisme mécaniste, des points de vue nouveaux, statistiques, c'est encore aux travaux de Laplace (sur les *Probabilités*) qu'on a eu recours. D'ailleurs, ces deux disciplines sont loin d'avoir épuisé le génie créateur de Laplace. Il ne s'occupait qu'incidemment des *mathématiques pures*, car il les considérait simplement comme des moyens d'investigations pour résoudre des questions de sciences appliquées. Néanmoins, son génie lui fit faire des progrès essentiels aux sciences exactes ; les formules, transformations, méthodes et équations de Laplace font partie du bagage indispensable à toute recherche d'analyse mathématique. Unissant son génie déductif à un très grand don d'expérimentateur, Laplace est un précurseur de la *physique mathématique*. Le portrait intellectuel de Laplace ne saurait être complet si on ne tient pas compte du rôle important d'*animateur* de la vie scientifique, qu'il a joué. A côté de G. Monge, Laplace est un des centres de la magnifique Ecole mathématique et physique française, qui a assuré l'hégémonie scientifique de la France durant le premier tiers du XIXe siècle.

Nous allons passer en revue quelques faits plus importants que la science doit à Laplace. En 1687, Newton posait dans ses *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica* les bases de la science moderne du mouvement, la mécanique rationnelle. La loi de l'attraction universelle introduisait une explication simple et unitaire du mouvement des corps célestes. Newton a étudié lui-même le cas de *deux corps* (par exemple la Terre et la Lune) mis en présence et s'attirant suivant la loi de la gravitation universelle. L'orbite du mouvement dans ce cas est elliptique. Ce n'était, évidemment, qu'une étape d'approximations successives de la vérité. En réalité, l'Univers est composé d'un très grand nombre de corps célestes qui agissent mutuellement les uns sur les autres. Ces influences mutuelles modifient les mouvements elliptiques calculés en tenant compte seulement de deux corps en présence. On a affaire à une série extrêmement compliquée de *perturbations* du mouvement fondamental, dues aux influences des autres astres. Ces perturbations créaient des différences entre les phénomènes observés et les calculs où l'on ne tenait pas compte de tous les corps mis en présence. Il s'ensuivit une certaine défiance à l'égard de la loi de la gravitation universelle qui semblait ne pas pouvoir expliquer tous les phénomènes célestes. Il y a eu même des essais de « corriger » la loi de Newton. En fin de compte, après plus d'un siècle d'efforts, la synthèse effectuée par Laplace, dans sa *Mécanique Céleste*, la cristallisation de la théorie des perturbations, permettaient d'in-

troduire l'ordre et l'explication simple et unique par la gravitation universelle de tous les détails inexpliqués encore des mouvements célestes. Ce fut en quelque sorte le couronnement et le triomphe de la mécanique newtonienne qu'on doit à l'œuvre maîtresse de Laplace.

L'outillage mathématique du temps de Newton n'était pas assez avancé pour lui permettre d'aborder dans tous ses détails le problème général et complexe du mouvement du système planétaire. L'analyse mathématique venait à peine d'être créée par Leibnitz et Newton; la première publication de la méthode différentielle (due à Leibnitz) ne date que de 1684. Or, la méthode infinitésimale est absolument indispensable pour aborder avec succès l'étude de la mécanique. Cette méthode ne fut mise en place que vers le milieu du XVIII^e siècle, grâce surtout à Euler. Ceci explique en partie pourquoi la science mathématique de la seconde moitié du XVII^e siècle présente une interpénétration très étroite entre les spéculations théorétiques et les applications concrètes. Une des questions les plus débattues à cette époque fut justement l'explication des mouvements célestes tellement compliqués, à l'aide de la loi simple de Newton. Euler et Maupertuis furent les premiers à ouvrir les voies nouvelles. De grands progrès furent faits grâce à Clairaut, d'Alembert, Lagrange, qui ont élucidé des points de détail très importants, comme le cas du mouvement de *trois corps* en présence, la figure de la Terre, la prévision du retour des comètes, le fait que la Lune nous présente éternellement la même face, etc. Ces explications paraissaient assez particulières, aucune synthèse n'était encore en vue. C'est dans cette étape de la science que s'insère le début de l'activité de Laplace. Déterministe convaincu, ayant une foi absolue dans la vérité et l'universalité de la loi de Newton, doué d'un sens extrêmement aigu pour saisir les analogies et les relations les plus cachées, sachant mettre à profit les détails les plus inaperçus ou les plus éloignés en apparence — comme par exemple l'influence de l'aplatissement des planètes ou de leurs orbites, ou bien celle du rapport des durées des révolutions, sur les calculs difficiles des perturbations — Laplace inaugura son activité scientifique par quelques explications sensationnelles de certains phénomènes célestes. A 24 ans, en 1773, Laplace établit l'invariabilité, à très longue échéance, des grands axes des orbites de planètes [1]. Ensuite, à 35 ans, il sut utiliser un fait qui paraissait sans importance — le fait que le rapport des durées des révolutions de Saturne et de Jupiter autour du Soleil est très voisin de 2 sur 5 — pour expliquer les inégalités de ces planètes : accélération du mouvement de Jupiter, et ralentissement de Saturne. Les satellites de Jupiter ont fourni à Laplace l'occasion d'établir des lois concernant leurs mouvements, de montrer que l'aplatissement de l'orbite de Jupiter entraînait un ralentissement des mouvements des satellites, résultat qu'il transporta à l'étude du mouvement de la Lune, satellite de la Terre. Ceci conduisit à de remarquables Tables de la Lune, qui ont rendu les plus grands services à la navigation. En utilisant la loi de la gravitation universelle, Laplace calcula la distance de la Terre au Soleil, en confirmant des résultats obtenus par des observations pénibles et coûteuses. Il calcula également le mouvement de rotation de l'anneau de Saturne, en devançant par le calcul l'observation directe faite à l'aide d'instruments extrêmement perfectionnés par Herschel. Il est impossible de citer toutes les explications données par Laplace aux différents détails des mouvements célestes. Partout où il y avait un fait inexpliqué, le grand astronome intervenait pour perfectionner les calculs, pour mettre en valeur les circonstances négligées, pour faire régner l'ordre imposé par la loi de la gravitation.

Vers 1794, en pleine Révolution, obligé de se retirer à Melun, Laplace commença à rédiger son admirable *Mécanique céleste*, dont le premier tome parut en 1799 et le cinquième en 1825. Laplace y résoud le problème de la détermination du mouvement des planètes, en partant de la connaissance des astres en présence. Mais la méthode de Laplace permettait de résoudre aussi le problème inverse : en partant des perturbations observées dans un mouvement, déduire quel corps encore inconnu les produit. Effectivement, ce problème fut résolu d'une manière éclatante par Le Verrier qui découvrit en 1846, dix-neuf ans après la mort de Laplace, uniquement par des calculs inspirés de la *Mécanique céleste*, la planète Neptune. Ce fut la plus belle confirmation de

(1) Cette question devait tourmenter pendant plus d'un siècle encore tous les astronomes. Lagrange s'en occupa en 1776, Poisson en 1808. Liouville et Puiseux simplifièrent, vers 1841, la méthode de Poisson. Tisserand indiqua, en 1876, un moyen plus simple pour aborder le problème, car les calculs de Poisson devenaient inextricables. De toute façon, on avait établi que si l'on développait la fonction perturbatrice en série trigonométrique et qu'on se bornait aux termes contenant les masses jusqu'à la seconde puissance, l'invariabilité était certaine. Poisson essaya même de démontrer ce fait pour le développement en série contenant toutes les puissances des masses. En 1878, Spiru Haret, appliquant la méthode de Tisserand, montra qu'en réalité cette propriété d'invariabilité n'existe même pas pour la troisième puissance des masses.

la cohérence et de la valeur de la synthèse laplacienne.

L'explication des marées par les attractions de la Lune et du Soleil sur les eaux des mers représente encore une belle réussite de Laplace.

La *Mécanique céleste* présente par ailleurs un exemple émouvant de collaboration ininterrompue et désintéressée entre les savants. Les longs et difficiles calculs d'applications numériques des lois et formules de Laplace ont été effectués avec un dévouement inlassable par l'astronome Bouvard (1767-1843), ami de Laplace. Signalons de même que la collaboration entre Delambre et Laplace fut également sans nuages.

Fidèle à l'esprit encyclopédique du XVIII[e] siècle, Laplace doubla la *Mécanique céleste*, écrite pour les spécialistes, par une *Exposition du Système du Monde* (1796) rédigée pour le grand public. On y trouve, comme dernière note, l'hypothèse cosmogonique, qui a rendu célèbre le nom de son auteur dans les masses les plus étendues. Cette hypothèse — chose exceptionnelle chez son auteur — n'était pas étayée sur des conclusions déduites de démonstrations ou d'expériences. D'ailleurs, Laplace ne la fit point réimprimer dans la seconde édition (1808) de son *Système du Monde*. Par ailleurs, cet ouvrage contient un excellent abrégé de l'Histoire de l'astronomie.

Le dernier chapitre de la *Mécanique céleste* fait sortir l'activité de Laplace du cadre de l'astronomie. En effet, il contient les recherches sur la capillarité; donc c'est le premier travail de *Physique mathématique*. Laplace s'y place à un point de vue atomistique. Il assimile les forces moléculaires aux forces d'attraction et leur applique les lois et les calculs de la mécanique. Extrapolation géniale qui fait de Laplace un précurseur.

Laplace s'occupa également de la propagation du son. Il modifia la loi de Newton, en faisant intervenir les échanges de chaleur qui accompagnent les compressions et les dilatations. Par cela, il atteint le domaine de la future Thermodynamique. Comme Newton, Laplace est partisan de la théorie de l'émission de la lumière. Ses travaux expérimentaux, entrepris en collaboration avec Lavoisier, ont eu un grand retentissement. Il a obtenu des résultats importants concernant les phénomènes de la chaleur.

La Convention créa en 1793 et 1794 l'Ecole Normale Supérieure et l'Ecole Polytechnique. Laplace fut nommé, dès le début, membre du Conseil de Perfectionnement de l'Ecole Polytechnique et professeur à l'Ecole Normale. C'est là qu'il exposa en 1795 son cours sur le Calcul des Probabilités, cours qui forme les assises modernes de cette discipline. On y trouve l'idée nouvelle et féconde de fonctions génératrices, les lois d'approximation des fonctions de très grands nombres, les germes de la méthode statistique, qui est devenu de nos jours un si puissant moyen d'investigation. Sa *Théorie analytique des Probabilités* parut en 1812 et fut accompagnée, pour l'usage du grand public, d'un *Essai philosophique sur les Probabilités*, qu'on peut méditer encore aujourd'hui avec grand profit.

En *mathématiques* pures, les voies ouvertes par Laplace sont tout aussi importantes, malgré le fait qu'il n'a considéré la science abstraite que comme un moyen de recherches en vue de la solution de problèmes de mathématiques appliquées. C'est d'ailleurs peut-être à cause de cela que ses interventions ont été plus fécondes dans le domaine des équations différentielles ordinaires ou aux dérivées partielles. La Transformation de Laplace a permis l'intégration de nouveaux cas d'équations différentielles. L'équation célèbre du type elliptique qui porte son nom a été la source de nombreuses études en théorie des fonctions. Ses travaux sur les équations aux dérivées partielles à caractéristiques réelles ont fourni un pont entre la géométrie et l'analyse. A côté de Monge, on doit considérer aussi Laplace comme un précurseur de l'analyse géométrique de nos jours. L'œuvre de G. Darboux met en pleine lumière le lien étroit entre les transformations géométriques et la structure des équations aux dérivées partielles. Les réseaux de Laplace ont été la source de nombreux travaux, qui ont conduit, entre autres, à la géométrie différentielle projective des réseaux et des courbes, à la découverte de la sphère affine (Tzitzeica).

En 1806, Laplace s'installa à Arcueil dans une propriété voisine de Berthollet. Ce fut l'origine de la Société Scientifique d'Arcueil, où le rôle d'animateur de Laplace fut très grand. Des savants comme Humboldt, Arago, Poisson, Gay-Lussac, Biot, Thénard, Dulong, etc., s'y réunissaient tous les quinze jours sous les auspices des deux maîtres. Par des discussions animées, par des conseils, par la confrontation des points de vue des mathématiciens et des physiciens, on posait les bases et on définissait les méthodes de la physique mathématique, qui devait se développer avec tant de succès au XIX[e] siècle. La Société d'Arcueil, qui a publié le recueil de ses mémoires, fut un agent important du progrès scientifique.

La vie de Laplace ne fut pas bouleversée par les années terribles de la Révolution, de l'Empire ou de la Restauration. Indifférent à la politique et à tout ce qui n'était pas science, Laplace s'accommoda de tous les changements. Tel ne fut pas le cas, par exemple, de son émule Monge, mort des suites de la chute de l'Empire, ou de A. Cauchy, qui préféra un long exil au reniement du serment à son roi.

Né d'une famille de cultivateurs à Beaumont-en-Auge le 23 mars 1749, Pierre-Simon Laplace devint à 20 ans, sur la recommandation de d'Alembert, professeur à l'Ecole Royale Militaire. En 1773, il était membre adjoint et en 1783 membre titulaire de l'Académie des Sciences. Sous la Révolution, il fit partie de la Commission des poids et mesures, qui établit le système métrique. Il prit part à l'organisation des Ecoles Normale et Polytechnique et fut membre du Bureau des Longitudes dès sa création, en 1795. Ministre de Napoléon pendant quelques semaines, il devint président et, en 1800, chancelier du Sénat et comte d'Empire. Il conseilla à l'Empereur l'abandon du calendrier républicain. Membre de l'Académie Française en 1816, la Restauration le fit marquis et pair de France. Les Académies des Sciences de Londres, Göttingen, Berlin, Russie, Danemark, Suède, Pays-Bas, Italie l'ont élu membre, ce qui témoigne de la royauté scientifique qu'il exerçait. Il est mort à Paris le 5 mars 1827, après avoir assuré par son génie et par ses travaux un éclat exceptionnel à la Science française.

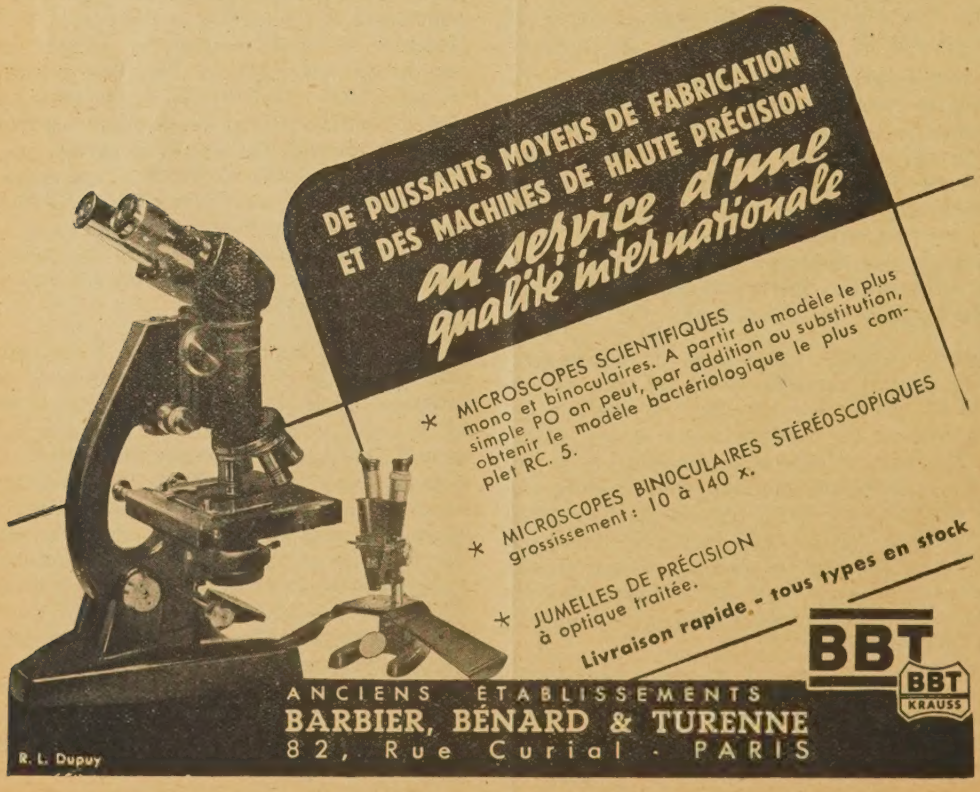
P. Sergescu.

ERRATA

Par suite d'une erreur dont nous nous excusons auprés de l'auteur et de nos lecteurs, le nom de M. VESSEREAU a été orthographié VASSEREAU en tête et en fin de son article : *A propos de la méthodologie des recherches agronomiques*, paru dans notre numéro 7-8.

Nous nous excusons auprès de nos lecteurs de l'erreur commise dans le titre de l'article de M. Furon (n° 9-10, p. 195). Il faut lire :

« Importance des dépôts sédimentaires précambriens d'origine organique », au lieu de « volcanique ».



LE POTENTIEL CHIMIQUE

par Jean VILLEY
Professeur à la Faculté des Sciences de Paris

Equilibre chimique entre deux phases.

Considérons deux *phases* liquides non miscibles en contact l'une avec l'autre. Elles se mettent en équilibre de pression par la transmission, extrêmement rapide, des perturbations mécaniques et, en équilibre de température, par des transports de chaleur spontanés, qui peuvent exiger au contraire des délais assez notables.

Mais si elles possèdent un composant commun *i*, ce composant pourra passer de l'une à l'autre; l'équilibre complet fait donc intervenir une troisième condition relative à la répartition du composant commun entre les deux phases : c'est la condition d'*équilibre chimique* relative à ce composant.

Il s'agit d'un équilibre statistique, car, du fait de l'agitation thermique, les molécules du composant *i* considéré traversent sans cesse la surface de séparation des deux phases dans l'un et l'autre sens. L'*équilibre* correspond à une compensation exacte entre ces deux flux opposés qui traversent un élément quelconque de la surface de séparation. Il est bien évident que, *toutes choses égales par ailleurs*, cette compensation correspond à une certaine relation entre les deux *concentrations* réalisées simultanément, dans l'une et l'autre phase supposée homogène, par la masse globale de *i* qu'ils se partagent.

Une molécule de *i* tend à pénétrer dans l'une des phases sous l'action de forces qui sont, d'une part les forces de cohésion qui les attirent entre les molécules de la phase considérée, d'autre part, éventuellement, des forces chimiques si certains composants actuels de la phase sont susceptibles d'entrer en combinaison chimique avec *i*.

Au travail effectué par ces forces correspond une diminution d'énergie potentielle de la molécule qui pénètre ainsi dans la masse liquide. Si cette diminution d'énergie potentielle est plus grande lorsqu'elle pénètre dans la phase 1 que lorsqu'elle pénètre dans la phase 2, ces deux phases, mises en contact l'une avec l'autre, ne seront pas en équilibre : des molécules *i* passeront de la phase 2 dans la phase 1, ou plus exactement le flux passant de 2 vers 1 l'emportera sur le flux passant de 1 vers 2. Il en résultera une modification progressive des propriétés des deux phases par modification des concentrations de *i* dans l'une et l'autre; et ce transport continuera tant qu'il n'aura pas réalisé l'égalité des énergies potentielles résiduelles d'une molécule *i* dans l'une et l'autre phase.

Notion du potentiel chimique.

Les énergies potentielles résiduelles H_i^1 et H_i^2 d'une molécule *i* dans les phases 1 et 2 sont évidemment des fonctions, non seulement de *p* et T et des concentrations α_i^1 et α_i^2 du composant *i* dans l'une et l'autre phase, mais aussi des concentrations α_j^1 et α_j^2 de tous les autres composants, qui contribuent à déterminer les propriétés de l'une et l'autre phase.

Si nous savions les évaluer, nous saurions prévoir le sens du transport qui se produira dans la mise en contact des deux phases, et les valeurs finales auxquelles il aboutira pour α_i^1 et α_i^2. Mais nous sommes beaucoup trop mal documentés sur les forces de cohésion pour prétendre calculer le travail qu'elles fournissent au cours de la pénétration d'une molécule *i* dans la phase considérée à travers sa couche de passage superficielle, en vue d'évaluer sa perte d'énergie potentielle.

Nous pouvons toutefois étudier la réalisation de l'équilibre sans calculer l'énergie potentielle résiduelle H_i, en introduisant une autre grandeur h_i théoriquement calculable à partir de simples mesures thermodynamiques macroscopiques, que nous appellerons le *potentiel chimique* du composant *i* dans la phase considérée.

En effet, le transfert spontané de molécules *i* qui se produit par exemple de la phase 2 vers la phase 1, lorsqu'elles sont mises en contact et que l'équilibre chimique n'est pas réalisé entre elles, est une évolution irréversible pour laquelle le principe d'évolution donne la relation $\delta Q < T ds$, en appelant *s* l'entropie globale du système, ou

$$dU + pdV < Tds$$

ou $$dU - Tds + pdV < 0;$$

ou encore, si T et p sont constants,

$$d(U - Ts + pV) < 0.$$

C'est-à-dire que la fonction $\mathcal{G} = U - Ts + pV$, qu'on appelle le *potentiel thermodynamique* à température et pression constantes du système considéré, va en décroissant.

D'autre part, l'énergie interne U, l'entropie s, et le volume V, sont additifs[1], de sorte que le système constitué par les deux phases 1 et 2 a pour potentiel thermodynamique

$$\mathcal{G} = \mathcal{G}_1 + \mathcal{G}_2$$

Le transfert élémentaire de la masse $d\mu_i$ de la phase 2 vers la phase 1 entraîne alors la variation du potentiel thermodynamique

$$d\mathcal{G} = \frac{\partial \mathcal{G}_1}{\partial \mu_i} d\mu_i - \frac{\partial \mathcal{G}}{\partial \mu_i} d\mu_i ,$$

et si nous posons $\frac{\partial \mathcal{G}}{\partial \mu_i} = h_i$, la condition $d\mathcal{G} < 0$ s'écrit

$$(h_i^1 - h_i^2)\, d\mu_i < 0,$$

d'où

$$h_i^2 > h_i^1.$$

Le passage du composant i se produit donc de la phase où $h_i = \frac{\partial \mathcal{G}}{\partial m_i}$ est le plus grand vers la phase où il est le plus petit : d'où le nom de *potentiel chimique* du composant i dans la phase considérée, qui a été donné à cette fonction $h_i = \frac{\partial \mathcal{G}}{\partial \mu_i}$.

Cette appellation ne suppose nullement que le composant i considéré participe à des réactions chimiques dans la phase où il pénètre. S'il ne se produit aucune réaction chimique entre les divers composants, il y a identité entre les variables $d\mu_i$ qui représentent les masses introduites et les variables dm_i qui représentent les augmentations de masse présente dans la phase.

La notion de potentiel chimique s'étend même au cas d'un corps pur. En effet, le potentiel thermodynamique $\mathcal{G}$ est égal au produit de la masse M par le potentiel thermodynamique spécifique (c'est-à-dire évalué pour l'unité de masse) G; soit $\mathcal{G} = MG$. Alors $d\mathcal{G} = Gd\mathrm{M}$; mais dM n'est pas autre chose que ce que nous avons appelé $d\mu_i$, d'où $h = G$ pour un corps pur.

Les évaluations de potentiels chimiques se ramènent à des évaluations d'énergies internes, d'entropies, et de volumes, réalisables par des mesures macroscopiques. Toutefois, elles ne sont pas assez faciles pour que les potentiels chimiques jouent un rôle considérable dans les calculs pratiques relatifs aux divers problèmes où nous allons les voir intervenir théoriquement d'une façon très simple.

La notion de potentiel chimique n'en a pas moins un intérêt considérable par les simplifications qu'elle apporte dans l'exposé de ces théories, comme nous le verrons sur les divers exemples envisagés ci-après.

A. — EQUILIBRE CHIMIQUE DANS UNE REACTION REVERSIBLE

Lorsqu'il se produit des réactions chimiques entre les composants, les variations dm_i de masse présente ne s'identifient plus avec les additions $d\mu_i$ fournies de l'extérieur.

Le potentiel chimique $h_i = \frac{\partial \mathcal{G}}{\partial \mu_i}$ ne s'identifie donc plus avec $\frac{\partial \mathcal{G}}{\partial m_i}$ comme il le faisait dans le cas des mélanges chimiquements invariables.

Une réaction intérieure à la phase considérée, sans addition venant de l'extérieur, se traduit pas un ensemble de variations de masse simultanées que nous représentons alors par :

$$\delta m_1,\ \delta m_2, \ldots\ \delta m_i, \ldots$$

et qui satisfont à la relation de conservation de la masse $\Sigma\, \delta m_i = 0$.

Ces réactions intérieures se produisant spontanément jusqu'à réaliser le système de valeur des diverses concentrations α_i qui caractérise l'*équilibre chimique* de la phase considérée pour les valeurs de T et p données. Si les conditions expérimentales sont telles que T et p restent constantes, cet équilibre est déterminé par la condition que le potentiel thermodynamique $\mathcal{G}$ soit minimum. Par conséquent, n'importe quelle réaction intérieure infiniment petite (δm_1, $\delta m_2 \ldots$ $\delta m_i, \ldots$; avec $\Sigma\, \delta m_i = 0$) que nous pouvons imaginer à partir de cet état d'équilibre laisse la valeur de $\mathcal{G}$ stationnaire. On a donc la condition :

$$d = \frac{\partial \mathcal{G}}{\partial m_1} \delta m_1 + \frac{\partial \mathcal{G}}{\partial m_2} \delta m_2 + \ldots + \frac{\partial \mathcal{G}}{\partial m_i} \delta m_i + \ldots = 0$$

Or, il est facile de voir que, *lorsque l'équilibre* chimique est réalisé, on a $\frac{\partial \mathcal{G}}{\partial m_i} = \frac{\partial \mathcal{G}}{\partial \mu_i}$ c'est-à-dire $\frac{\partial \mathcal{G}}{\partial m_i} = h_i$. En effet une addition $d\mu_i$ provoque une réaction intérieure δm_1, $\delta m_2, \ldots$ $\delta m_i, \ldots$; il en résulte finalement les variations de masse suivantes :

(1) Sous réserve, en ce qui concerne U, que le travail des forces qui s'exercent entre les deux masses que l'on réunit soit négligeable auprès des énergies internes de l'un et de l'autre.

$dm_1 = \delta m_1$, $dm_2 = \delta m_2$, $dm_i = d\mu_i + \delta m_i$, ...

Celà entraîne une variation élémentaire du potentiel thermodynamique que nous pouvons écrire de deux manières différentes en prenant pour variable, soit l'addition $d\mu_i$ soit les variations de masse présente dm_i. En les égalant entre-elles on obtient :

$$\frac{\partial \mathcal{G}}{\partial \mu_i} d\mu_i = \frac{\partial \mathcal{G}}{m_1} \delta m_1 + \frac{\partial \mathcal{G}}{m_2} \delta m_2 + \ldots + \frac{\partial \mathcal{G}}{m_1} (d\mu_i + \delta m_i)$$

Mais nous avons vu que l'équilibre chimique entraîne :

$$\frac{\partial \mathcal{G}}{m_1} \delta m_1 + \frac{\partial \mathcal{G}}{m_2} \delta m_2 + \ldots + \frac{\partial \mathcal{G}}{m_i} \delta m_i + \ldots = 0 ;$$

il reste donc seulement :

$$\frac{\partial \mathcal{G}}{\partial \mu_i} d\mu_i = \frac{\partial \mathcal{G}}{\partial m_i} d\mu_i$$

d'où :

$$\frac{\partial \mathcal{G}}{\partial m_i} = \frac{\partial \mathcal{G}}{\partial \mu_i} = h_i$$

La condition de l'équilibre chimique peut donc s'écrire :

$$h_1 \delta m_1 + h_2 \delta m_2 + \ldots + h_i \delta m_i + \ldots = 0$$

qui doit être satisfait pour n'importe quel système de variations élémentaires virtuelles ($\delta m_1, \delta m_2, \ldots$) si elles respectent la condition $\Sigma \delta m_i = o$ qui caractérise les réactions intérieures.

Appliquons ceci, par exemple, à l'étude de l'équilibre chimique $X^2 + Y^2 \rightleftharpoons 2\,XY$.

Il est à noter que n'importe lequel de ces systèmes peut être obtenu en introduisant seulement les composants X^2 et Y^2, à partir desquels XY se forme spontanément ; soient μ_1 et μ_2 les masses ainsi introduites.

On aura alors entre les masses m_1, m_2, et m_3 *présentes les relations.*

$$m_1 + m_2 + m_3 = \mu_1 + \mu_2$$

et

$$\frac{\mu_1 - m_1}{\mu_2 - m_2} = \frac{M_1}{M_2}$$

en appelant M_1 et M_2 les masses moléculaires de X_2 et de Y_2. Ces deux relations déterminent m_1 et m_2 en fonction de m_3 ; les trois concentrations α_1, α_2 et α_3 qui déterminent les propriétés du mélange et par conséquent les valeurs des trois potentiels chimiques h_1, h_2 et h_3 pour T et p donnés, sont donc déterminées par l'une d'entre elles, par exemple par $\alpha_3 = \frac{m_3}{\mu_1 + \mu_2}$ que nous pourrons alors représenter simplement par α.

Une seule équation suffira donc pour la déterminer, que nous obtiendrons en écrivant la relation d'équilibre chimique pour une seule réaction élémentaire intérieure virtuelle. Envisageons alors la réaction virtuelle :

$$\delta m_1 = k\,M_1,\ \delta m_2 = -\,k\,M_2$$

qui entraîne

$$\delta m_3 = k\,(M_1 + M_2) = 2\,k\,\frac{M_1 + M_2}{2} = 2\,k\,M_3 ;$$

nous obtiendrons la condition :

$$-\,h_1\,k\,M_1 - h_2\,k\,M_2 + h_3\,2\,k\,M_3 = 0$$

ou

$$(1) \qquad h_1 M_1 + h_2 M_2 = 2\,h_3 M_3$$

où h_1, h_2 et h_3 sont des fonctions de α_1, α_2 et α_3, donc simplement de α. Elle détermine donc la concentration α du composé X Y réalisée dans l'équilibre chimique. Le calcul effectif α supposerait que l'on ait su expliciter les fonctions h_1, h_2 et h_3 de α.

B. — LOI D'ACTION DE MASSE

Une question se pose qui est de définir le sens de la réaction provoquée par une addition $d\mu_i$ de l'un des composants qui y participent.

L'équation de définition du potentiel thermodynamique $\mathcal{G} = U - TS + pV$ donne à T et p constants $d\mathcal{G} = dU - TdS + pdv$. Mais $d\mathcal{G} = \Sigma h_i\,d\mu_i$, et l'on peut écrire

$$(2) \qquad dU = TdS + p\,(-\,dV) + \Sigma h_i\,d\mu_i$$

qui, dans la variation de l'énergie interne, met en parallèle les *interventions physiques* (fournitures de chaleur ou de travail) et les *interventions chimiques* (addition de composants).

Pour achever de manifester ce parallélisme, il y a lieu de montrer que, de même qu'un apport de chaleur (correspondant à $dS > 0$) provoque une élévation de la température T, et qu'une diminution de volume ($-\,dV > 0$) provoque une augmentation de la pression p, une addition d'un composant ($d\mu_i > 0$) provoque une augmentation de son potentiel chimique.

Considérons, en effet,, une phase homogène en équilibre chimique, de potentiel thermodynamique $2\mathcal{G}$ que nous séparons par la pensée en deux moitiés identiques. Imaginons une modification élémentaire virtuelle qui ferait passer la masse $d\mu_i$ de l'une vers l'autre. Le potentiel thermodynamique global, somme des potentiels thermodynamiques des deux parties, devient :

$$\left(\mathcal{G} + \frac{\partial \mathcal{G}}{\partial \mu_i} d\mu_i + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 \mathcal{G}}{\partial \mu_i^2} d\mu_i^2 + \ldots\right) + \left(\mathcal{G} - \frac{\partial \mathcal{G}}{\partial \mu_i} d\mu_i + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 \mathcal{G}}{\mu_i^2} d\mu_i^2 \ldots\right)$$

Si, dans le développement de d on s'arrête au premier terme, on obtient $\mathcal{G} + \mathcal{G} = 2\mathcal{G}$; c'est le potentiel thermodynamique stationnaire correspondant à l'état d'équilibre.

Mais si, cessant de considérer $d\mu_i^2$ comme négligeable, on conserve le deuxième terme, on obtient :

$$\mathcal{G} + \mathcal{G} + \frac{\partial \mathcal{G}}{\partial \mu_i^2} d\mu_i^2 = 2\mathcal{G} + \frac{\partial h_i}{\partial \mu_i} d\mu_i^2$$

Or ce transport virtuel éloigne le système de l'équilibre, c'est-à-dire qu'il correspond à une augmentation du potentiel thermodynamique. On a donc :

$$\frac{\partial h_i}{\partial \mu_i} d\mu_i^2 > 0, \text{ d'où } \frac{\partial h_i}{\partial \mu_i} > 0$$

C'est-à-dire qu'une addition $d\mu_i > 0$ provoque une augmentation du potentiel chimique h_i de ce composant i.

Nous pouvons alors chercher dans ce parallélisme des indications *a priori* relatives à la *loi d'action de masse*.

L'étude des lois du déplacement de l'équilibre chimique sous l'action des interventions physiques a conduit, en effet, à des résultats que des considérations de stabilité rendent presque évidents *a priori*.

1° Une élévation de la température T (que l'on provoque par un apport de chaleur ; $d\mathrm{S} > 0$) fait progresser la réaction dans le sens qui tend à faire baisser la température T si elle est réalisée adiabatiquement ($d\mathrm{S} = 0$).

2° Une augmentation de la pression p (que l'on provoque par une réduction de volume ; $d\mathrm{V} < 0$) fait progresser la réaction dans le sens qui tend à faire baisser la pression p si elle est réalisée à volume constant ($d\mathrm{V} = 0$).

Si nous cherchons alors à formuler un énoncé parallèle relatif aux interventions chimiques, nous obtiendrons :

Une élévation du potentiel chimique h_i du composant i (que l'on provoque par une addition $d\mu_i > 0$ de ce composant) fait progresser la réaction dans le sens qui tend à faire baisser le potentiel chimique h_i si elle est réalisée à composition globale constante ($d\mu_i = 0$).

On peut effectivement faire la démonstration directe de la règle ainsi prévue.

On ne peut pas conclure delà que la réaction se produit dans le sens qui tend à faire disparaître le composant i que l'on a introduit. En effet le potentiel chimique h_i dépend, non seulement de la concentration

$$\alpha_i = \frac{m_i}{m_1 + m_2 + \ldots + m_i \ldots}$$

mais aussi de toutes les autres concentrations α_i. On a donc, dans une réaction intérieure,

$$dh_i = \frac{\partial h_i}{\partial m_1} \delta m_1 + \frac{\partial h_i}{\partial m_2} \delta m_2 + \ldots + \frac{\partial h_i}{\partial m_i} \delta m_i + \ldots$$

et l'on ne peut pas, de la condition $dh_i < 0$, tirer de conclusion relative au signe de δm_i : Il y a effectivement des cas où $\delta m_i > 0$.

C. — PRESSION OSMOTIQUE

Il est classique d'introduire la notion de pression osmotique par une analogie entre les molécules du corps dissous *enfermées* dans le volume du solvant et les molécules d'un gaz enfermées dans un récipient clos. Mais cette analogie, si elle trouve d'amples justifications dans l'accord de ses conclusions avec les observations expérimentales, peut apparaître un peu osée quand on la prend comme point de départ.

Au contraire, la simple notion de potentiel chimique conduit immédiatement, par une déduction rigoureuse, à celle de pression osmotique.

Nous avons observé, en effet, qu'une addition $d\mu_i$ fait croître le potentiel chimique h_i du composant ainsi introduit, ce qui s'écrit $\frac{\partial h_i}{\partial \mu_i} > 0$. Donc si, dans une solution aqueuse, nous ajoutons de l'eau, nous faisons croître le potentiel chimique h_{H_2O} de l'eau. Or, par de telles additions, on tendrait asymptotiquement vers une solution infiniment diluée, autrement dit vers l'eau pure. De là résulte que le potentiel chimique de l'eau est, pour T et p donnés, plus petit dans une solution que dans l'eau pure, ce qui s'écrit

$$h_{H_2O}^{\text{solution}} < h_{H_2O}^{\text{eau pure}}$$

On notera d'ailleurs que $h_{H_2O}^{\text{eau pure}}$ n'est autre que le potentiel thermodynamique spécifique G de l'eau pure.

Or nous savons réaliser des parois semi-perméables, qui laissent passer les molécules d'eau mais qui arrêtent des molécules plus grosses comme celles du sucre. Alors une solution de sucre et une masse d'eau pure séparées par une telle paroi semi-perméable constituent deux phases en *contact chimique* en ce qui concerne l'eau. Mais, T étant le même des deux côtés, si p est aussi le même, l'eau passera systématiquement de la phase eau pure, où son potentiel chimique est le plus grand, vers la phase solution où son potentiel chimique est moindre.

Il est d'ailleurs bien clair que l'on peut arrêter ce passage en exerçant sur la solution

une surpression π convenable, réalisant une pression $P = p + \pi$. C'est dire que, à une température donnée, le potentiel chimique est une fonction croissante de la pression.

L'équilibre sera réalisé entre les deux phases lorsque sera satisfaite la condition

$$h_{H_2O}^{\text{eau pure}}(p) = h_{H_2O}^{\text{solution}}(P)$$

La surpression $\pi = P - p$ qui réalise cet équilibre s'appelle la *pression osmotique* de la solution.

Si la paroi semi-perméable sépare les deux branches d'un tube en U, contenant l'une de l'eau pure et l'autre la solution de sucre, on obtient l'expérience classique : l'eau pure descend et la solution monte. On arrivera à un équilibre si le tube en U est assez long, et la masse initiale d'eau pure assez grande, pour qu'arrive à être satisfaite la condition écrite ci-dessus. Alors la pression osmotique π sera expérimentalement déterminée comme la différence $P - p$ des deux pressions de part et d'autre de la paroi semi-perméable.

On est ainsi conduit, par des déductions rigoureuses où l'imagination n'intervient en rien, à prévoir cette ascension qu'elle interprète facilement par l'assimilation des molécules dissoutes à un gaz enfermé entre la paroi semi-perméable et la surface libre de la solution, et qui, prenant appui sur celle-là, élève celle-ci en attirant de l'eau supplémentaire à travers la paroi semi-perméable.

D. — VARIANCE D'UN SYSTEME HETEROGENE

Nous avons déjà observé que la condition d'équilibre chimique $h_i^1 = h_i^2$ correspondant à l'égalité des flux de molécules i à travers chaque élément de la surface séparant les phases 1 et 2, dépend uniquement des propriétés de l'une et l'autre, c'est-à-dire des concentrations de leurs divers composants, et non pas des masses globales de ces phases.

Les diverses variables qui caractérisent l'état d'un système hétérogène sont donc, outre T et p, toutes les concentrations α_i^1. Il importe d'examiner dans quelle mesure on peut, à partir d'un premier équilibre réalisé, faire varier de façon continue certaines de ses variables sans qu'il en résulte autre chose qu'une variation continue des compositions et des masses des diverses phases, conduisant à un nouvel état d'équilibre de ce système. Il s'agit plus précisément de déterminer le nombre de variables que l'on peut modifier arbitrairement, au moins dans un certain domaine : c'est ce que l'on appelle la *variance* du système hétérogène considéré.

Elle est égale à l'excès du nombre total des variables sur le nombre d'équations indépendantes qu'elles sont tenues de satisfaire. Elle sera donc déterminée par un simple inventaire des unes et des autres sans qu'il soit nécessaire d'expliciter les équations, qu'il nous suffit de cataloguer.

Envisageons d'abord l'hypothèse où tous les N composants sont présents dans chacune des φ phases. Alors le nombre des variables est égal à $(N\varphi + 2)$. Les équations auxquelles il leur est imposé de satisfaire sont :

1° φ équations exprimant que, dans chaque phase, la somme des concentrations est égale à 1 :

$$(3) \quad \left\{ \begin{array}{l} \cdots\cdots\cdots\cdots \\ \alpha_1^1 + \alpha_2^1 + \ldots - - \quad + \alpha N^1 = 1. \\ \cdots\cdots\cdots\cdots \end{array} \right.$$

2° $N(\varphi - 1)$ équations traduisant les équilibres chimiques relatifs à chacun des N composants dans toutes les phases :

$$(4) \quad \left\{ \begin{array}{l} \cdots\cdots\cdots\cdots \\ h_i^1 = h_i^2 = \ldots = h_i^\varphi \\ \cdots\cdots\cdots\cdots \end{array} \right.$$

3° Enfin des équations du type (1) correspondant à chacune des réactions chimiques réversibles qui se produisent entre les composants du système. S'il se produit k telles réactions, elles sont susceptibles de faire apparaître k des composants à partir des autres. On peut donc constituer le système considéré en introduisant seulement les $N - k = n$ autres composants; n définit ce qu'on appelle le nombre des *constituants indépendants*. Le nombre des équations de ce groupe est

$$(5) \qquad k = N - n$$

La variance est alors égale à

$$N\varphi + 2) - \left[\varphi + N(\varphi - 1) + (N - n)\right] = n + 2 - \varphi.$$

Si $n + 2 - \varphi = \nu$ on peut modifier ν variables sans que cela altère le nombre γ des phases qui restent en équilibre les unes avec les autres (à condition toutefois que chacune d'entre elles ait une masse initiale assez grande pour ne pas disparaître au cours de cette modification, si celle-ci lui impose des cessions de matière).

Les variables α_i^1 figurent explicitement dans les équations du groupe (3). Dans les équations des groupes (4) et (5) figurent les potentiels chimiques h_i^1, qui sont des fonctions déterminées de tous les α_i^1 et de T et p. Ces fonctions sont plus ou moins difficiles à expliciter; mais, comme on l'a déjà signalé, cela n'a aucune importance ici où nous avions seulement besoin de dénombrer les équations imposées.

Mais il arrive très souvent que certains composants n'existent pas dans certaines phases.

Cela ne modifie pas la variance; car, si le composant i n'existe pas dans la phase l, cela supprime une des inconnues α_i^l; mais en même temps, h_i^l n'existant plus, cela supprime une équation dans le groupe (4).

E. — COURBE DE VAPORISATION D'UN LIQUIDE PUR

Dans le cas d'un corps pur ($n = 1$), le système formé par deux phases différentes (par exemple liquide et vapeur) en équilibre a la variance $\nu = 1 + 2 - 2 = 1$. On peut donc donner à T une valeur arbitraire; et p se trouvera alors déterminé. La succession continue d'états d'équilibre ainsi réalisés est représentée par une courbe $p = f$ (T) qu'on appelle la *courbe de vaporisation* du liquide considéré.

Ici le potentiel chimique h^1 se réduit au potentiel thermodynamique spécifique G^1, facile à évaluer et qui se prête par conséquent à des calculs effectifs.

La condition d'équilibre $h^{liq} = h^{vap}$ s'écrit $G^{liq} = G^{vap}$, avec $G = U - TS + pv$.

Alors, grâce à des approximations qui, pour le liquide, négligent le terme pv auprès des termes U et TS, et qui assimilent la vapeur à un gaz parfait, on arrive facilement à l'équation de Dupré

$$(6) \qquad \log p = \alpha + \frac{\beta}{T} + \gamma \log T.$$

En réalité, au lieu de garder pour α, β et γ les expressions fournies *a priori* par le calcul ci-dessus, qui réalisent une approximation très médiocre, on utilise plutôt cette équation (6) comme formule empirique, les trois coefficients α, β et γ étant calculés en écrivant que cette courbe passe par trois de ses points expérimentalement déterminés avec précision.

On sait que l'on peut représenter une courbe expérimentale donnée par des formules empiriques d'expressions mathématiques très diverses, avec d'autant plus de précision qu'on y dispose de paramètres plus nombreux, permettant de faire passer rigoureusement la courbe que définit l'équation ainsi écrite par autant de points de la courbe expérimentale. Choisir une forme mathématique qui corresponde à une première approximation rationnellement justifiable n'est guère qu'une satisfaction d'ordre sentimental, qui ne doit pas trop peser auprès de la considération essentielle : choisir une forme qui conduira à des calculs commodes et précis. La formule (6) n'est pas particulièrement recommandable parce qu'elle aboutit à définir log p par une différence extrêmement petite vis-à-vis des deux termes à retrancher l'un de l'autre : cela exige une précision très élevée dans le calcul de ces deux termes.

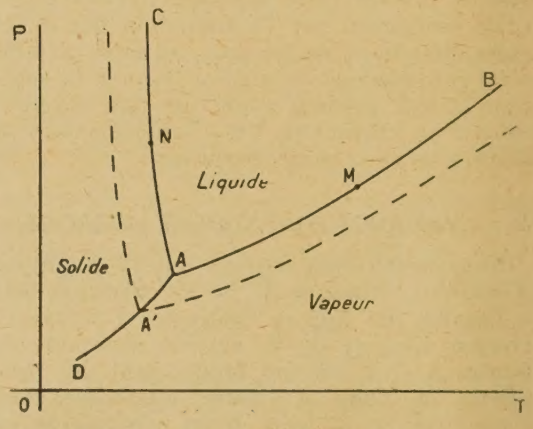
F. — DEPLACEMENT DES COURBES D'EQUILIBRE PAR UN CORPS EN SOLUTION

Soit AB la courbe de vaporisation ainsi déterminée pour le liquide pur, qui sera par exemple l'eau.

Un point M de cette courbe d'équilibre définit un couple de valeurs (T, p) pour lequel on a

$$h_{H^2O}^{eau} = h_{H^2O}^{vapeur}$$

Ajoutons alors en solution dans le liquide un corps non volatil, c'est-à-dire qui ne passe pas dans la phase vapeur.



La courbe des équilibres solution-vapeur va se trouver déplacée par rapport à la courbe AB dans un sens que nous allons pouvoir préciser immédiatement.

En effet nous savons que la présence du corps dissous diminue le potentiel chimique de l'eau, soit

$$h_{H^2O}^{solution} < h_{H^2O}^{eau\ pure}$$

Il en résulte, par l'équation écrite plus haut,

$$h_{H^2O}^{solution} < h_{H^2O}^{vapeur}$$

Cela veut dire que, pour les valeurs de T et p considérées, la vapeur se transforme spontanément en liquide; c'est-à-dire que le point M est maintenant à l'intérieur du domaine des

états liquides. Le domaine liquide, dans le plan de coordonnées (T_1 p), s'est donc étendu; la courbe de vaporisation a été abaissée en A'B'.

Si la cristallisation par refroidissement donne des cristaux de H_2O pur, un raisonnement exactement analogue montrera qu'un point N, qui était sur la courbe des équilibres de l'eau pure avec la glace pure (courbe de fusion de H_2O pur) devient intérieur au domaine liquide; c'est-à-dire que la *courbe de fusion* AC est déplacée en A'C' lorsque la glace est en contact avec une solution au lieu d'eau pure.

Au point de rencontre A' de ces deux courbes la solution est en équilibre avec la vapeur pure et avec la glace pure. Par conséquent ces deux dernières phases sont en équilibre l'une avec l'autre. Cela veut dire que le point de rencontre A' est situé sur la *courbe de sublimation* de H_2O pure.

Au point triple A de H_2O pure on a $n = 1$ et $\varphi = 3$, d'où $\nu = 1 + 2 - 3 = 0$; c'est-à-dire que la variance est nulle. La température T et la pression p sont donc déterminées et on ne peut pas les modifier sans provoquer la disparition d'au moins une des trois phases (si le point représentatif (T, p) se déplace sur une des trois courbes d'équilibre, ou en général de deux (pour toutes les autres directions de déplacement du point représentatif).

Pour l'équilibre triple A' où intervient la solution, on a $n = 2$ et $\varphi = 3$, d'où

$$\nu = 2 + 2 - 3 = 1;$$

le système devient monovariant. On peut en effet modifier à volonté la concentration de la solution : A' décrit alors la courbe AD, qui, pour chaque valeur de la concentration, détermine T et p.

Conclusions.

Ces quelques exemples suffisent à montrer combien la considération du potentiel chimique est capable d'éclairer et de simplifier toutes les théories du chapitre de la Thermodynamique qui étudie les équilibres chimiques.

Cette désignation ne vise pas seulement les équilibres chimiques au sens le plus classique du mot, c'est-à-dire l'équilibre statistique entre les divers corps qui interviennent dans une réaction chimique réversible. Elle englobe aussi l'équilibre statistique de répartition, entre deux phases en contact, d'un composant capable de pénétrer dans l'une et dans l'autre, et ceci aussi bien lorsqu'un composant n'intervient dans aucune réaction chimique que lorsqu'il participe à une réaction chimique localisée dans l'une ou l'autre des deux phases considérées, ou dans les deux simultanément.

J. VILLEY.

LES LIVRES REÇUS

CALLANDREAU (Edouard). — **Célèbres problèmes mathématiques.** (Albin Michel, Paris). 1.500 francs.

CARLES (Jules). — **La Fécondation.** (Coll. « Que sais-je », Presses Universitaires, Paris.) 95 francs.

CHAUCHARD (Paul). — **Le système nerveux sympathique.** (Gallimard, Paris.) 490 francs.

COX (J. F.). — **Astronomie. Géodésie.** (Presses Universitaires de Bruxelles.)

LE DANOIS (Ed.). — **Vie et mœurs des Poissons.** (Payot, Paris.) 960 francs.

LEFSCHETZ (Solomon). — **Lectures on the differential equations.** (Princeton University Press.) 3 dollars.

MARDEN (Morris). — **The Geometry of the zeros of a polynomial in a complex variable.** (American Methematical Society, New-York.) 5 dollars.

NORMAN (J. R.) et FRASER (F. C.). — **Giant Fishes, Whales and Dolphins.** (Putnam, Londres.) 15/-.

RONSIL (René). — **Bibliographie ornithologique française.** (Encyclopédie ornithologique, Lechevallier, Paris.) 3.200 francs.

SACLEUX (Ch.). — **Dictionnaire Français-Swahili.** (Institut d'Ethnographie, Paris.)

LES CHROMOSOMES

par A. GAGNIEU

En 1941 (communication inaugurale du Symposium sur « Gènes et Chromosomes »), Warmke rappelait que la science des chromosomes n'est pas une nouvelle née et, citant les travaux de Hofmeister (1848), Hertwig (1875), Flemming et Strasburger (1882), Van Beneden (1887), Boveri (1909), montrait que les observations de ces savants avaient conduit aux concepts fondamentaux qui servent de base aux travaux plus techniquement spécialisés de la science chromosomique actuelle.

Mais dès le début du siècle et la redécouverte des lois de Mendel, les caractéristiques biologiques singulières de ces éléments :

— Transmission en nombre constant de cellule à cellule par dédoublement longitudinal de chacun ;

— Réduction au nombre *n* lors de la formation des gamètes et retour au nombre somatique 2*n* par la fécondation,

amenèrent à considérer les *chromosomes comme les bases matérielles de l'hérédité mendélienne.*

Les nombreux et savants travaux consacrés depuis lors, à l'étude cytologique des chromosomes d'une part, aux propriétés génétiques de nombreux êtres vivants d'autre part, ont confirmé que si un caractère s'hérite suivant un schéma mendélien, c'est qu'il dépend d'un facteur initial localisé sur un chromosome; et dans les deux cas : de la Drosophile chez les Animaux, du Maïs chez les Plantes, la convergence remarquable des données cytologiques et génétiques a abouti, sous la forme des *cartes chromosomiques,* à la représentation de la topographie des propriétés génétiques étudiées, pour chacune des unités morphologiquement connues.

OBSERVATION CYTOLOGIQUE DES CHROMOSOMES

Morphologie

C'est au stade moyen (métaphase) de la division du noyau, dans la mitose des tissus normaux notamment, qu'ils s'individualisent le mieux, avec morphologie et nombre caractéristiques.

Chaque chromosome *métaphasique* (fig. 1M) a généralement la forme d'un bâtonnet souvent coudé, formé de deux bras égaux ou plus ou moins inégaux, en forme de cylindres compacts et chromatiques, dédoublés sur leur longueur, généralement reliés par une région charnière peu ou non colorée, rétrécie, appelée constriction primaire, constriction centromérique ou centromère. (Dans les cas favorables, végétaux ou animaux, on a observé en son centre un granule coloré).

Certains chromosomes montrent une constriction secondaire : région achromatique séparant, sous forme de satellite, le segment terminal chromatique. Cette constriction correspond à une « zone nucléolaire » non colorée: c'est à son contact que se fait la condensation du nucléole à la fin de la mitose (fig. 1 *b*). D'autres zones achromatiques peuvent exister: elles contribuent, avec la position du centromère qui détermine la longueur respective des bras, avec la longueur totale de chaque chromosome (1 à 20 μ généralement), à donner son faciès à la garniture chromosomique d'une espèce ou d'un groupe systématique (caryotype). Ex. Drosophile ♀ (fig. 2*b*).

Organisation

Sous cet aspect métaphasique, « forme de transport » et de distribution aux cellules-filles, les chromosomes, très condensés, ne permettent d'apprécier que leur longueur relative, et ne révèlent rien de leur structure.

Celle-ci peut se reconstituer par l'évolution morphologique aux autres stades de division.

Le squelette filamenteux du chromosome, diversement mais toujours enroulé au cours de la mitose, est appelé *chromonema.* La spiralisation est encore plus intense au cours de la Méiose ou Réduction chromatique. En Métaphase on a pu observer qu'elle était double (spirale majeure, spirale mineure discernables chez *Trillium* et *Tradescantia* dont les bivalents sont très gros).

Des traitements spéciaux : eau chaude, vapeurs ammoniacales, solutions salines, ont pour effet de supprimer l'enveloppe chromatique et permettent l'observation directe du squelette interne ou *chromonema.* Cette étude a été particulièrement poussée chez les plantes, mais l'existence d'un squelette filamenteux spiralé est aussi connue chez les animaux (White 1945).

Le chromonema n'apparaît vraiment en extension qu'au début de la première division de Méiose, au stade caractéristique où est réalisé l'appariement des chromosomes homologues. C'est alors un fin filament qui présente sur sa longueur une succession irrégulière de granules plus intensément colorés : *les chromomères*.

mosome normal — a donné lieu, par dédoublements successifs à un faisceau de nombreux filaments parallèles semblables à lui. Chaque « bande » chromatique représente alors la juxtaposition d'autant de chromomères en une formation unique. La disposition des bandes, de densité chromatique inégale est toujours la même pour une région détermi-

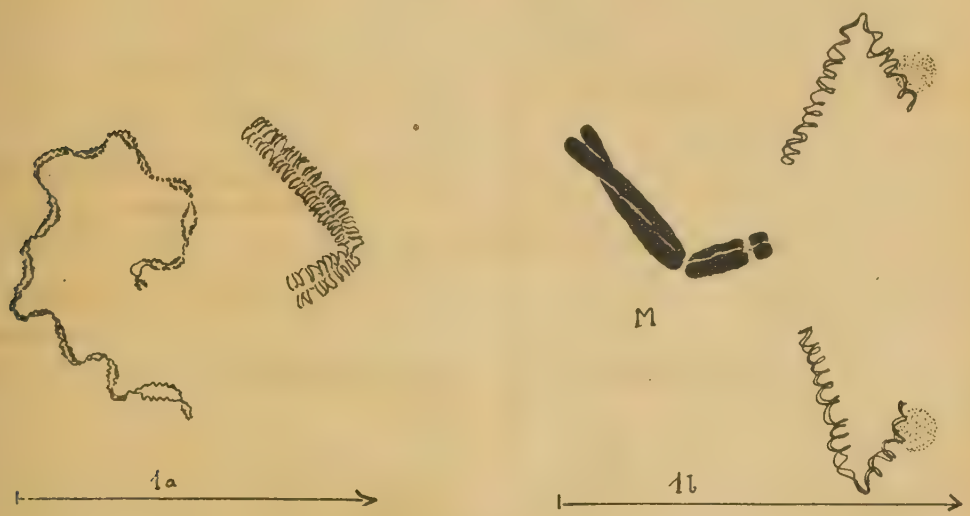


FIG. 1

En fin de mtiose (fig. 1 *b*) l'enduit chromatique disparaît peu à peu, révélant un squelette spiralé. Sous cette forme filamenteuse hélicoïdale les chromosomes perdent grogressivement leur individualité apparente dans le noyau quiescent.

Au début de la division suivante (fig. 1a) les filaments se détordent pendant qu'ils se spiralisent à nouveau sous l'enduit chromatique de plus en plus épais. Progressivement enroulés en même temps que raccourcis et empâtés de chromatine, les filaments s'individualisent à nouveau en chromosomes.

Un agrandissement naturel de la structure chromonématique est fourni par les formations chromosomiques « géantes » des glandes salivaires de Diptères. On a généralement admis que ces formules sont *polytènes*. C'est-à-dire qu'au cours de l'évolution des cellules glandulaires, le chromonema en extension — plus de 100 fois la longueur du chromosome normal — a donné lieu, par dédoublements successifs à un faisceau de nombreux filaments parallèles semblables à lui. Chaque « bande » chromatique représente alors la juxtaposition d'autant de chromomères en une formation unique. La disposition des bandes, de densité chromatique inégale est toujours la même pour une région déterminée et il est possible d'identifier un fragment par l'aspect caractéristique de la striation (ex. : chromosome X Drosophile, fig. 2*a*).

Il est significatif que ces observations sur un matériel exceptionnellement favorable confirment celles qui ont été faites sur les chromosomes de genres nombreux, chez les plantes

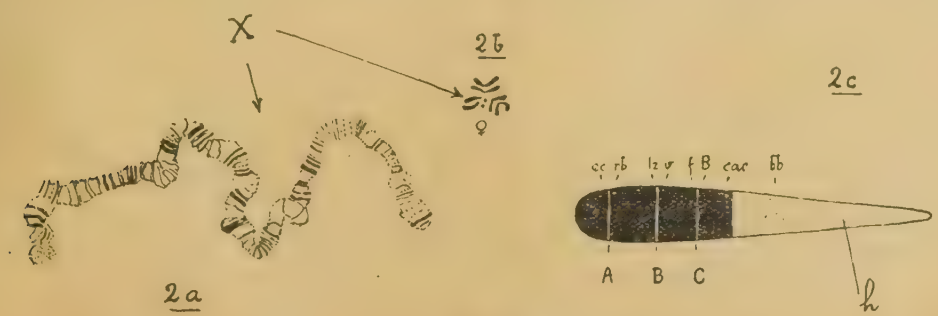


FIG. 2

(Trillium, Liliacées, Maïs), chez les animaux (Sauterelles) et plus récemment sur les chromosomes humains. Elles conduisent à la notion d'une différenciation longitudinale permanente en régions plus intensément chromatiques : *les chromomères qui représentent les éléments ultimes de différenciation morphologique visible des chromosomes.* La signification de ces chromomères comme éléments morphologiques permanents — points électifs d'enroulement spécial du chromonema ou de cycle chromatique particulier ? — est encore obscure et discutée (V. Kaufmann, 1948).

Cycle chromatique

Les observations anciennes, renouvelées et étendues (revue *Resende,* 1945) ont montré que des régions déterminées de certains chromosomes ou des chromosomes entiers, peuvent présenter des propriétés chromatiques distinctes de celles des autres éléments. Ce sont ou les régions voisines du Centromère qui restent densément chromatiques en fin de division et se reconnaissent dans les jeunes noyaux-fils, ou des segments définis appelés *chromocentres,* pleinement chromatiques dans le noyau quiescent. Ils sont en nombre égal à celui des chromosomes chez des plantes à petits chromosomes et sont alors appelés *Euchromocentres* ou *Prochromosomes.*

Des exemples d'animaux (Locusta, Gerris), de plantes (Narcissus) ont montré le fait curieux de chromosomes « hétéropycnotiques » : densément chromatiques au stade de repos ou en filaments à peine visibles quand les autres sont colorés au maximum. Cette propriété peut être labile : le chromosome X chez des Acridiens peut être hétéropycnotique au cours de certaines divisions de la lignée germinale et pas à d'autres, des chromosomes sexuels de Mammifères le sont en Méiose, non en Mitose.

On a appelé *hétérochromatiques* les régions de chromosome-segments pauvres en matériel chromatique à la Métaphase ou densément colorés au stade quiescent — qui ne présentent pas le cycle habituel des régions appelées alors *euchromatiques.*

ÉTUDE EXPÉRIMENTALE DE LA STRUCTURE FINE

La curiosité est très vive en ce qui concerne la structure des chromosomes, en particulier leur différenciation longitudinale : on pense à une organisation linéaire, expression matérielle de la distribution linéaire des *loci* génétiquement repérés; et ce qu'on cherche, en dernière analyse, ce sont des données qui permettraient de se représenter l'élément matériel auquel correspond cette unité de fonctionnement biologique douée d'auto-synthèse et de permanence à travers les générations de cellules et d'individus : *le gène.*

A tous les stades d'observation, la chromatine des régions euchromatiques ou hétérochromatiques est uniformément colorée et ne donne pas de renseignement sur l'infra-structure (même si on admet que les différences dans le cycle chromatique traduisent des différences d'aptitude à la synthèse).

Les méthodes utilisées sont :

1° *Observation perfectionnée par des procédés optiques nouveaux,* par ex. la *microscopie électronique.* Elle exige des conditions techniques particulières : le vide, la déshydratation, des sections de l'ordre de 0,1 μ (déjà possibles à l'aide de microtomes spéciaux) qui demandent une délicate mise au point pour l'étude des chromosomes. Diverses images décrites à partir de préparations de plantes ou d'animaux restent encore à l'extérieur du chromosome, mais dès 1941 Nebel observait au moyen de *sections* dans le fin filament chromatique du début de Méiose (leptotène) une apparence de striation transversale et de formation longitudinale en faisceau d'éléments de moindre diamètre. On peut espérer que des observations de cet ordre renouvelées et étendues, permettent de pénétrer plus avant dans la structure du chromonema. Ces données pourraient s'enrichir d'observations faites sur le vivant au moyen de la *microscopie à contraste de phases.* Cette dernière méthode d'observation qui rend possible l'étude d'éléments achromatiques pourra peut-être renseigner également sur la mécanique des mouvements chromosomiques jusqu'ici à peu près inconnue (Schrader, 1944) :

2° *Analyses chimiques, histo-chimiques, physico-chimiques :*

Pour compléter les données fournies par les analyses globales faites sur noyaux ou chromosomes isolés, on utilise : la coloration élective de Feulgen (pour l'acide thymonucléique), la spectroscopie en ultra-violet, la lumière polarisée, la diffraction de rayons X, la microincinération, l'attaque diastasique (surtout pour les glandes salivaires).

De l'ensemble considérable des résultats connus, on peut dégager sommairement :

Les chromosomes contiennent deux groupes principaux de constituants : *a*) acides nucléiques, surtout acide thymo- ou désoxyribonucléique ; *b*) protéines de deux sortes: protéines de type histone, protéines avec tryptopha-

ne Le tout forme un complexe dont les proportions varient avec les tissus et l'activité cellulaire. (Chromosine de Mirsky et Pollister, 1946, Journ. Gen. Phys. *30*). Par des voies différentes on a trouvé que les *deux types de constituants* existent à l'état de fibres longitudinales suivant l'axe du chromosome. Il semble que la partie protéique soit une trame permanente — elle subsiste après la digestion d'acide nucléique par une nucléase — persistante dans le noyau quiescent, tout en subissant des changements dans sa composition. Par contre la densité d'acide nucléique suit le cycle de mitose : le dépôt de chromatine en début de division correspond à l'accumulation d'acide thymonucléique polymérisé et le retour au stade filamenteux s'accompagne d'une décharge d'acide thymonucléique.

Actuellement l'analyse, même très fine, des constituants morphologiques du chromosome et des constituants chimiques, comme l'a remarqué Gulick (1941), ne permet pas d'aboutir à la notion d'une unité chimiquement définie et matériellement discernable qui pourrait être le gène.

Plutôt que de substance génique peut-être s'agit-il d'organisation ou de construction moléculaire. Pour trouver des données concernant l'organisation du chromosome à l'échelle moléculaire, l'attention s'est portée sur certaines de ses propriétés physiques, notamment :

1) Elasticité, forces de torsion :

Des observations cytologiques nombreuses ont été faites sur les possibilités de contraction et d'extension en longueur du chromosome, les types d'enroulement et l'évolution de la spiralisation au cours du cycle morphologique en utilisant les données de la physique et de la chimie sur l'étude moléculaire des chaînes protéiques. Des hypothèses de recherches ont été proposées, l'une d'elles est particulièrement suggestive : la section du chromosome serait polarisée, active seulement sur une « face ». Ceci expliquerait par exemple que l'appariement des segments homologues se fasse généralement par deux, même lorsque plus de deux homologues sont en présence. (Les forces physiques mises en jeu lors de cet appariement à distance, qui ne se produit que dans certaines cellules, sont encore inexpliquées.)

2) Dédoublement :

Le dédoublement du chromosome pose le problème capital de l'auto-reproduction de matériel génétique. La manifestation visible qu'on cherche dans les observations cytologiques est le dédoublement du filament chromonématique — le filament initial et son double synthétisé donnant l'apparence de fissuration. Mais les observations, même remarquables de précision analytique, ne peuvent renseigner avec certitude sur le nombre de filaments présents à un stade déterminé, donc sur le moment où s'est produite la duplication (ou multiplication) du filament initial : l'observation cytologique est insuffisante pour interpréter ces images à la limite de visibilité le plus souvent. (Nebel, 1941, *Symposium*, loc. cit.).

On cherche alors à faire cette étude par une voie indirecte : on irradie des chromosomes (rayons X, neutrons, ultra-violets) à des stades différents de division cellulaire. L'analyse des figures aberrantes aux stades ultérieurs permet de savoir si l'altération définitive du fragment s'est produite à un moment où la chromatide, élément de ségrégation mitotique, était déjà individualisée. Il y a cassure par chromosome ou cassure par chromatide. Les nombreux travaux effectués en utilisant soit le pollen de Tradescantia, soit les neuroblastes de Sauterelles, tout en apportant un enseignement de grande portée biologique, n'ont pas encore donné d'information précise, de validité générale sur l'état de division du chromonema à un moment donné du cycle mitotique. (L'imprécision de la méthode indirecte venant du fait que deux chromatides séparées peuvent être touchées par une même particule, ne peut être corrigée que par le recoupement avec des résultats obtenus par d'autres méthodes comme celle des altérations chimiques).

D'ailleurs, au delà du stade où sont individualisés, sous forme de chromatides, deux éléments visibles, du stade antérieur où des radiations peuvent agir individuellement sur deux éléments non encore visiblement séparés, se situe le stade, encore inconnu, où le dédoublement — phénomène caractéristique d'autoreproduction du modèle initial — est en voie de réalisation. Ce problème difficile qu'une seule hypothèse, si ingénieuse qu'elle soit, ne peut résoudre dans sa complexité, suscite beaucoup de recherches dans la voie de l'étude moléculaire des protéines; synthèse-démolition diastasique, rôle catalytique possible de nucléoprotéines, actions diverses de radiations, etc. (Muller, 1941. *Symposium*, loc. cit.).

ACTIVITÉ GÉNÉTIQUE DES CHROMOSOMES

Les résultats acquis dans ce domaine forment un ensemble considérable qui s'enrichit tous les jours par des études faites en tous les points du globe. On peut envisager quelques faits particulièrement typiques :

— Un exemple de spécialisation dans l'activité génétique est fourni par les *chromosomes*

sexuels, qui portent également les gènes des caractères liés au sexe. Ils peuvent se signaler cytologiquement par leur morphologie ou leur hétéropycnose, et sous le nom d'*Hétérochromosomes* (p. ex. X et Y de la Drosophile) être distingués des chromosomes ordinaires ou *Autosomes*. Leur ségrégation est simplement mendélienne: chez les êtres diploïdes un sexe est homogamétique, l'autre hétérogamétique ; mais la nature exacte de leur activité génique pose des problèmes souvent compliqués.

— La localisation, sur les chromosomes connus, de *segments génétiquement actifs* est en grande partie réalisée au moyen des altérations structurales. Ces altérations naturelles ou artificiellement provoquées surtout par irradiations, sont particulièrement instructives lorsqu'un caractère déterminé de l'individu correspond à une modification visible de la morphologie d'un chromosome.

Un exemple célèbre est celui du caractère *Bar* chez la Drosophile : il s'exprime au maximum chez la femelle homozygote par la réduction à moins de 1/10 du nombre normal des facettes oculaires. L'étude morphologique détaillée des glandes salivaires a permis de constater que chez de tels individus chacun des deux chromosomes X présente la répétition « en tandem » de quelques bandes dans une région morphologiquement bien caractérisée (fig. 3*a*).

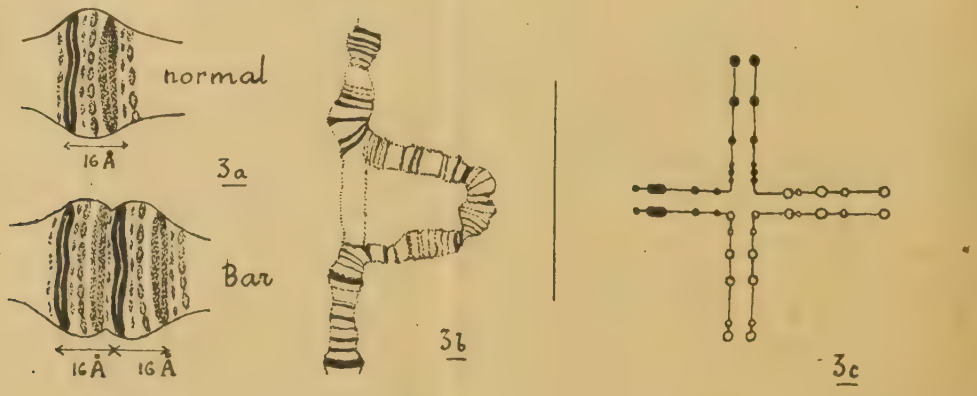


Fig. 3

1. Les *délétions* ou pertes de fragments ont été utilisées par exemple chez le Maïs pour localiser sur le chromosome VIII un groupe de trois gènes à disposition linéaire génétiquement déterminée et contenant le facteur « japonica » (manifesté chez l'homozygote récessif par une panachure en stries). Un pollen de plantes normales, soumis à l'action de rayons X, est utilisé pour féconder un homozygote récessif. Dans la population issue du croisement apparaissent des individus à caractère « japonica ». L'examen cytologique d'une plante a montré qu'un segment était manquant à l'extrémité du chromosome morphologiquement identifié VIII. C'est vraisemblablement qu'il portait le locus du dominant normal, et son absence chez l'hétérozygote permet au récessif *j* de se manifester, le fait a été ultérieurement confirmé. Chez la Drosophile, dans un cas semblable : ♀ *abc* × ♂ ABC irradié, si *b* s'exprime, c'est que B est manquant. La délétion s'observe directement sur le chromosome salivaire de l'hétérozygote A.C/*abc* (fig. 3 *b*). L'utilisation des délétions a joué un très grand rôle dans l'étude de la localisation morphologique des groupes factoriels génétiques, en se servant des glandes salivaires.

2. Les *translocations mutuelles* entre chromosomes non homologues ont été très utilisées dans le cas du Maïs : chez l'hétérozygote, l'appariement à la Méiose est d'un type particulier (fig. 3 *c*), analysable cytologiquement, qui permet d'identifier les chromosomes qui ont fait échange de segments et de localiser le point d'échange; d'un autre côté, l'analyse génétique des homozygotes de type nouveau (les hétérozygotes étant en grande partie stériles) permet de connaître par les pourcentages de recombinaison des gènes, la distribution linéaire nouvelle des loci. Chez la Drosophile, avant l'utilisation des chromosomes salivaires (qui date d'une quinzaine d'années), la localisation du groupe de facteurs génétiques liés au sexe avait été faite sur le chromosome X métaphasique (fig. 2 *b*, *c*) par l'étude de trois translocations différentes (A, B, C) qui avaient accolé des segments visibles du chromosome X au chromosome IV ponctiforme. A cette

architecture nouvelle correspondaient des liaisons nouvelles avec les gènes du groupe IV.

Les cartes *chromosomiques* de la *Drosophile* et du Maïs [1] sont la synthèse de tous les faits recueillis au cours d'études analogues représentant un travail énorme de tout une équipe de savants.

L'activité génétique des chromosomes, envisagée non pas à l'échelle des différents loci du même chromosome, mais à l'échelle des différents chromosomes d'un complément spécifique, pose d'autres problèmes : par exemple celui de « l'inertie » génétique des régions hétérochromatiques. Cette notion qui fait plut place maintenant à celle de « spécialisation », est née de la constatation initiale de la pauvreté en gènes de régions hétéropycnotiques (ex. : moitié *h* du chromosome X de la Drosophile, fig. 2 *b, c*). Le cas étrange des chromosomes « surnuméraires » ou « accessoires », souvent hétéropycnotiques, observés dans de nombreuses plantes appartenant à des groupes très divers et dont la présence n'a pas de signification apparente (les chromosomes B de Maïs peuvent être inexistants ou en 20 exemplaires sans que les caractères de la plante soient modifiés) a donné lieu à des interprétations diverses qui sont surtout des constructions de l'esprit pour le moment. Il en est de même des hypothèses formulées quant au rôle de l'hétérochromatine dans le métabolisme du noyau (synthèse d'acide ribo-nucléique par exemple). Les faits sont souvent contradictoires.

En ce qui concerne la garniture chromatique normalement active, les études cytologiques faites dans les cas célèbres des Crépis, Blés, Tabacs et d'autres groupes de plantes, en éclairant puissamment les études taxonomiques, en montrant l'évolution des caryotypes à l'intérieur d'un groupe, l'inviabilité des types chromosomiques aberrants, soulignent le fait *d'une permanence génétique fondée sur une permanence de constitution chromosomique.* Mais comme White (1945) l'a montré en ce qui concerne les Animaux, les documents de cet ordre ne sont pas utilisables pour tous les groupes : l'évolution, au point de vue chromosomique, s'y montre inégale. Ainsi que l'observe cet auteur, on se contente souvent de données sommaires : nombre et morphologie de chromosomes *métaphasiques* dans un tissu en division ; or ce qu'il faudrait connaître, c'est leur comportement au cours de toute la vie de l'individu (les travaux récents de Huskins et son école, 1948, montrent l'intérêt que peut présenter cette étude chez les plantes). Enfin, il y a peut être dans la cellule *vivante* une partie importante de l'activité génétique des chromosomes qui ne s'inscrit pas dans leur constitution matérielle telle que nous pouvons l'analyser. Toutefois, pour comprendre la nature et la signification générale de l'activité chromosomique soit à l'échelle de l'individu, soit à celle de l'espèce, les deux pôles actuels de recherches chromosomiques paraissent d'un avenir fécond :

— Etude expérimentale des chromosomes ;

— Analyses cytogénétiques.

A. Gagnieu.

(1) Localisations les plus récentes dans ; Anderson, Randolph 1945 Genetics *30,*

BIBLIOGRAPHIE

(Travaux d'ensemble récents)

Catcheside. — 1948. Advances in Genetics II (Action of radiations).

Gulick. — 1941. Bot. review vol. 7.

Kaufmann. — 1948. Bot. review 14.

Muller. — 1947. Proc. Roy. Soc. 134 B.

Resende. — 1945. Port. Act. Biol. *1*, 1947, *2*.

Schrader. — 1944. Mitosis (Columbia Univ. Press).

White. — 1945, Animal Cytology and Evolution (Camb. Univ. Press).

C. S. H. Symposia. Quantitave Biology vol. IX. 1941.

N. B. — Les figures concernant la Drosophile sont reproduites d'après : Altenburg « Genetics » 1945 (Holt).

Tendances actuelles en Paléontologie des Vertébrés

par *P. L. PIRLOT*
Ph. D. (Londres)

Depuis avant la dernière guerre, la Paléontologie se trouve en voie d'évolution, et l'on doit s'en réjouir. Cette heureuse crise affecte particulièrement l'étude des Vertébrés fossiles. On peut la décrire en définissant une série de divergences qui se font jour dans les écrits et les discussions des paléontologistes intéressés. Ces couples de tendances opposées sont évidemment liés l'un à l'autre et ne se peuvent dissocier que pour la commodité de l'exposé.

I. — REGARDS SUR LE PASSÉ ET LE PRÉSENT

a) Une première divergence se dessine de plus en plus vigoureusement entre les points de vue du stratigraphe et du zoologiste. Elle ne s'est que rarement exprimée dans des débats formels (Colbert and Newell, 1948). Le point de vue stratigraphique fut prédominant pendant de longues années dans tous les travaux de paléontologie. Les Invertébrés, d'ailleurs, qui firent l'objet d'une littérature inépuisable, constituent l'outil stratigraphique par excellence. Cependant, après Cuvier, les travaux traitant des Vertébrés eux-mêmes ne comportaient le plus souvent que de courtes descriptions anatomiques, peu ou pas de recherche sur la biologie des fossiles en cause mais des discussions étendues sur les corrélations entre les terrains. La paléontologie était avant tout l'introduction théorique à l'*art* de dater les terrains. C'est peut-être en Amérique que l'on trouvait, à la fin du XIX^e^ siècle et au début du XX^e^, le plus de préoccupations biologiques. Les écrits d'Osborn, en particulier, par exemple sa monographie sur les Titanothéridés et diverses causeries, reflètent les méditations de leur auteur sur les mécanismes possibles de l'Evolution. Cela s'explique sans doute par la richesse exceptionnelle des séries évolutives découvertes aux Etats-Unis. Mais, là même, l'établissement des concordances de terrains occupait la place de choix. Ce travail était essentiel; il venait à son heure et une œuvre magnifique fut indubitablement accomplie de cette manière dans l'Ancien et le Nouveau Mondes depuis les débuts du XIX^e^ siècle, parachevant la classification systématique des principaux niveaux.

Mais, après que les géologues eurent abondamment utilisé les fossiles à des fins pratiques, les zoologistes ne pouvaient manquer de s'aviser que ces fossiles sont des restes d'animaux jadis vivants et que, si l'on en croit le dictionnaire grec, la zoologie est la discipline scientifique la plus directement intéressée en la matière. De là naquit une paléozoologie qui se distingue, par tout son esprit, de la paléontologie purement stratigraphique. Cette tendance s'est traduite implicitement dans des ouvrages fondamentaux d'usage quotidien [1] qui réservent une large place aux vues sur l'Evolution, avant de s'expliciter dans des débats formels. On définira ci-dessous quelques aspects essentiels de cette paléozoologie à laquelle semble être promis un destin très différent de celui de la stratigraphie. Il est nécessaire d'insister sur cette séparation des deux disciplines car la confusion des points de vue stratigraphique et zoologique pèse encore très lourdement, en ce moment, sur l'esprit de nombreux zoologistes adonnés à l'étude des fossiles. Rares, semble-t-il, sont ceux d'entre eux qui en ont pris conscience.

b) Une seconde divergence que dévoile la production paléozoologique présente est celle du détail à l'ensemble, sur le terrain de la description morphologique. La zoologie, dans son développement historique, a commencé par l'analyse anatomique; mais elle n'en est pas restée là, pas plus que l'art d'écrire n'en est demeuré à l'alphabet et à la grammaire. La paléozoologie a suivi la même voie de croissance et elle doit semblablement dépasser son stade descriptif élémentaire. En ce moment, la description des Vertébrés fossiles est entreprise par des « détaillants », les plus nombreux, et par quelques « grossistes ». Les premiers sont des anatomistes spécialisés et s'appliquent à décrire minutieusement le spéci-

1. Par exemple : BOULE, M. et J. PIVETEAU, *Les Fossiles*, Paris, 1936.

men *individuel*. Sans doute, la description anatomique précise restera toujours la base de toute investigation ultérieure; mais on constate que ce patient labeur a trop souvent perdu toute signification. Des études sont encore publiées, qui ne font que redécrire des formes complètement décrites bien des fois déjà. Ceux qui débutent dans la carrière sont, pour des raisons pratiques, exposés à produire pendant un temps un tel travail stérile. Ce piétinement sur place est difficile à éviter totalement parce qu'il est une conséquence des exigences de la classification. D'autres études, par contre, brossent de larges tableaux des formes considérées, ne relevant que les traits vraiment nouveaux ou qui possèdent une signification jusque-là inaperçue du point de vue de l'Evolution, et les discutant en profondeur.

c) Une troisième divergence, logiquement liée à la seconde, est celle qui repose sur la dualité individu-groupe. La description anatomique minutieuse porte évidemment le chercheur à se concentrer sur un seul individu ou sur un très petit nombre d'individus. Au contraire, celui qui s'intéresse avant tout à l'évolution des formes porte naturellement son attention sur des groupes nombreux ou populations soit homogènes soit hétérogènes. Le premier se trouve aisément amené à généraliser des caractères individuels qu'il appelle « typiques ». Et ceci est une abstraction souvent dangereuse. C'est ce procédé qui a conduit à la pulvérisation du règne animal en d'innombrables espèces dont l'existence réelle se trouve à présent mise en question par des scientistes de tendance opposée. Ces derniers, dont le nombre s'accroît de jour en jour, insistent sur le fait de la variabilité morphologique des formes rattachables à un même groupe biologique; pour eux, les individus-types n'existent pas; seules des populations-types peuvent être décrites. Mais cette description est singulièrement plus malaisée que celle des individus isolés, et elle est soumise, pour cette raison, aux vives critiques de ceux qui trouvent la méthode trop difficile. Comme exemple d'une situation anormale suscitée par un mauvais usage du détail individuel, on peut citer le cas des Odontocètes du Boldérien d'Anvers (Belgique) dont 25 genres et 59 espèces furent d'abord décrits; de ceux-ci, 16 genres et 41 espèces furent supprimés par la suite [1]. D'autres groupes taxonomiques devraient, sans nul doute, être épurés semblablement.

1. Abel, O. *Mém. Mus. R. Hist. Nat. Belg., 10,* 1905.

II. — VUES D'AVENIR

a) La paléontologie des Vertébrés ne peut que gagner à se dégager d'une certaine atmosphère de confusion où elle languit dans certains milieux. Il est évident que l'on doit distinguer théoriquement et dissocier pratiquement les deux points de vue desquels on peut étudier les organismes fossiles. Le point de vue stratigraphique, d'une part, est presque exclusivement pratique. Il conduit à l'élaboration d'une technique plutôt que d'une science des fossiles. Cette technique trouve sa place parmi les disciplines géologiques. Le point de vue zoologique, d'autre part, inclut la prise en considération de la stratigraphie exactement de la manière dont la morphologie est nécessaire au zoo-physiologiste : elle constitue une utile base de départ et peut aussi être corrigée d'après les résultats de l'étude biologique des faunes. Mais là s'arrête l'intervention de la stratigraphie en paléontologie. Tout ceci est simple bon sens et par soi-même évident si l'on veut comprendre qu'il existe une paléontologie *zoologique* dont le but essentiel est l'étude des aspects de l'Evolution que révèlent les faunes fossiles. Le mot « paléontologie » est devenu fâcheusement trompeur et doit être remplacé, selon l'exemple américain, par celui de « paléo-zoologie ». Si l'on n'admet pas, et la distinction établie ici, et la nécessité d'insister sur l'aspect dynamique, proprement zoologique de l'étude des fossiles, la paléontologie peut disparaître du tableau des sciences biologiques.

Si donc le zoologiste veut s'occuper de fossiles en tant qu'animaux jadis vivants, sa formation personnelle doit être adaptée à cet objet particulier d'étude. Une connaissance approfondie de la morphologie animale (ostéologie et myologie principalement) lui est essentielle. De solides notions d'embryologie, de physiologie et d'écologie ne lui sont pas moins nécessaires. Enfin, une scrupuleuse information des progrès de la génétique contemporaine est aussi requise. Que l'on étudie des poissons, des reptiles ou des mammifères fossiles, on doit forcément connaître non seulement le détail du squelette et de la musculature mais aussi quelque chose du développement ontogénique et des fonctions de chaque os et de chaque muscle, si l'on veut pouvoir rendre compte de ce qu'on observe dans les formes du passé par comparaison avec celles d'aujourd'hui. A ce prix seulement, on pourra tenter d'interpréter les différences morphologiques observées entre des êtres si éloignés dans le temps. Par exemple, la signification des variations dans les trajets de certains canaux sensoriels chez les poissons primitifs ne

s'éclairera que par l'embryologie actuelle; ou encore, l'évolution de la dentition chez les Herbivores tertiaires ne se pourra comprendre que par une meilleure connaissance de certains aspects de la physiologie de la nutrition.

b) Il vaut la peine d'insister sur la place très large que la paléozoologie, en tant que centrée essentiellement sur le problème de l'Evolution, doit faire à l'écologie et à la génétique. Les études publiées par les écologistes sur les relations des organismes avec leurs milieux doivent venir constamment à la connaissance du paléozoologiste. Il est impossible d'interpréter la disparition et l'apparition simultanées d'ordres ou de genres entiers de l'époque tertiaire sans analyser préalablement les oscillations de la composition des populations vivantes. De même, les résultats expérimentaux obtenus par les généticiens contemporains doivent faire partie de l'information quotidienne du paléozoologiste. Il évitera ainsi bien des erreurs sur la signification des variations observées dans le matériel fossile; il évitera, en particulier, d'attribuer une signification évolutive (généralement au nom de l'orthogénèse) à ce qui n'en a pas. On peut citer ici en exemple le morcellement de la famille des Equidæ en genres et espèces qui reposent, trop souvent, sur des détails non significatifs de la dentition. Le genre *Hipparion*, par exemple, s'est vu pulvériser en un nombre incroyable d'espèces sans distinctions réelles. Le cas des Cétacés de Belgique peut être rappelé ici. Une connaissance de l'amplitude de variabilité observée par le généticien aurait évité ce surpeuplement effarant du jardin zoologique fossile.

c) L'intérêt principal doit passer de l'individu « abstrait » de son groupe naturel à ce groupe même considéré avec tout son entourage écologique. Ce groupe ou population est une espèce ou une sous-espèce dans un habitat, ou localité déterminée. Dès lors, la description anatomique détaillée se voit fixer ses limites; elle ne peut plus être individuelle mais doit se fonder sur un grand nombre d'individus adultes pris au hasard; elle doit s'en tenir à ce qui est non décrit ou dont une description antérieure n'a pas dégagé la signification évolutive. Décrire un crâne de « cheval » pliocène ou pléistocène n'a qu'un intérêt tout relatif. On ne peut guère s'attarder à répéter ce qu'on trouve dans les manuels courants. En outre, plus une description est détaillée, plus elle doit — paradoxalement — s'appuyer sur un grand nombre d'individus : car c'est dans les profondeurs du détail qu'on s'expose à prendre pour un trait universel ce qui n'est que variation individuelle. C'est pourquoi l'on doit nécessairement et tout à la fois scruter scrupuleusement le détail morphologique et répéter l'opération pour un très grand nombre d'individus afin de pouvoir estimer la valeur des variations de chacun des traits de ce détail. On pourra alors exclure de la description ceux de ces traits qui sont dépourvus de signification.

d) Traitant des groupes naturels ou populations, on sera amené à traiter statistiquement les caractères dénombrables ou mesurables. On enregistrera les fréquences d'apparition des caractères qualitatifs (du moins apparemment tels) et les distributions de valeurs des variables quantitatives. Leurs variabilité, échanges, diffusion et relations feront l'objet principal de la recherche et le résultat de celle-ci s'exprimera par les paramètres courants (moyenne, écarts, coefficient de corrélation, etc.). L'objection, selon laquelle la considération d'un caractère isolé est une nouvelle abstraction substituée à celle de l'individu extrait du groupe et érigé en type, n'est pas recevable. Chaque caractère, il est vrai, est par là séparé *momentanément* des autres, mais il est considéré de telle sorte qu'il représente *tous* les individus du groupe sous un de leurs aspects et que sa variabilité parmi ce groupe peut être estimée avec exactitude. Ce résultat est de beaucoup plus important que l'obtention d'un ensemble figé de traits saisis dans l'image statique d'un unique individu qui ne peut représenter que lui-même. Il suffit de recommencer pour plusieurs caractères les opérations conduisant à l'estimation des paramètres usuels. Un tel ensemble de résultats constitue, par coupes successives, une représentation objective, dynamique et susceptible d'être complétée à volonté, de la population en question. On obtient facilement des systèmes de paramètres relatifs à diverses dimensions : par exemple, longueur d'un segment de membre, d'une rangée dentaire, d'une dent déterminée, de la face, du crâne, rapport de deux quelconques de ces dimensions..., etc. Tous les caractères de tailles sont susceptibles d'être ainsi traités. Ils ont fourni, autrefois, l'occasion d'un nombre incroyable d'erreurs taxonomiques, des différences de « grandeur » étant utilisées comme critères inter-spécifiques alors qu'elles ne représentaient en réalité que des variations individuelles intra-spécifiques. On notera qu'il n'est proposé de négliger ni le détail ni l'individu mais au contraire de restaurer au *détail individuel* sa véritable signification, en le remettant à sa vraie place qui est au sein du groupe à variabilité déterminée dont il fait partie.

Une objection que l'on fait à cette méthode est qu'elle est d'application difficile. En effet, elle requiert des quantités de matériel relativement grandes qui ne sont que rarement disponibles en paléo-zoologie des Vertébrés. Ceci est vrai et projette quelque lumière sur l'avenir de cette discipline. Deux voies seulement semblent à présent assez prometteuses. L'une est celle de la recherche des formes rares de transition dont la découverte (au sens complet d'exhumation du terrain et d'étude approfondie en laboratoire) va évidemment se poursuivre avec l'exploration de nombreuses terres encore vierges. Les paléo-zoologistes qui s'occupent des faunes du Primaire et du Secondaire et ne peuvent guère compter sur de très nombreux spécimens d'un même groupe continueront à suivre avec profit cette ligne de travail et à produire des descriptions morphologiques nouvelles et par conséquent opportunes. Les vertébristes du Tertiaire et du Quaternaire s'en tiendront à la même méthode dans l'étude des formes encore rares et mal connues, les Primates par exemple. Mais ils devront adopter la nouvelle voie suggérée plus haut, quand ils traiteront des groupes dont les spécimens sont nombreux et dont la description morphologique élémentaire a été faite. Ils auront à appliquer à de telles populations l'analyse statistique. Dans ce travail, il sera *absolument essentiel* de mener de front l'étude du matériel fossile et d'un matériel vivant de comparaison. On ne pourrait trop insister sur la nécessité de cette étude comparative du point de vue évolutif. Beaucoup d'espèces tertiaires et quaternaires sont encore vivantes de nos jours; beaucoup d'autres, éteintes, sont représentées par des formes parentes. On ne peut pas négliger cette occasion d'éclairer l'histoire ancienne des animaux par leur histoire récente. Il ne fait aucun doute que les mammifères des périodes tertiaires et quaternaires sont disponibles en assez grand nombre pour se prêter à des études statistiques de populations qui rajeuniront le sujet.

e) Dans l'étude de l'Evolution, la paléo-zoologie partage son sujet avec la génétique; et c'est là une concurrence difficile. La génétique se rajeunira beaucoup plus vite et plus souvent que l'étude des fossiles, même quaternaires, parce qu'elle est plus expérimentale et que cette circonstance l'entraîne à des progrès rapides. Un jour viendra où la paléo-zoologie constituera avant tout une connaissance générale de base pour tous les chercheurs adonnés à l'étude de l'Evolution, exactement, de nouveau, ce que la morphologie est à la physiologie. Etant une base, elle demeure primordiale comme la morphologie l'est restée. La place la plus en vue appartiendra cependant à la génétique qui semble accentuer le développement de certains de ses aspects relativement nouveaux, tels que la génétique des populations et la génétique physiologique — et d'autres, sans aucun doute, dont l'auteur ne peut parler, n'étant pas compétent en ce domaine. Mais il dépend des paléo-zoologistes de rendre leur contribution à la solution du problème commun tout ensemble étendue et nécessaire.

On a défini ici, pour autant que l'on puisse donner une image figée d'une évolution dynamique, certaines tendances essentielles de la paléo-zoologie actuelle. Il est à souhaiter que chaque paléo-zoologiste prenne conscience de ces tendances et découvre dans quelle mesure elles affectent son sujet particulier d'études.

P. L. Pirlot.

Ce numéro étant le dernier de l'année 1949, nous prions nos Abonnés de bien vouloir verser, de préférence à notre compte chèques postaux (Paris 5625-02) le montant de l'abonnement pour 1950 :

France et Union Française	650 fr.
Etranger	750 fr.

La Génétique des Batraciens

par Jean ROSTAND

Alors que presque tous les groupes animaux — et, parmi les Vertébrés notamment, les Poissons, les Oiseaux et les Mammifères — ont été largement utilisés dans les recherches concernant le mécanisme de l'hérédité, la classe des Batraciens n'avait, jusqu'en ces derniers temps, fourni aux généticiens qu'un tout petit nombre de faits. Lacune d'autant plus regrettable que ces animaux sont, au contraire, particulièrement bien connus sous d'autres aspects. Comme dit C. H. Waddington, « les animaux qui se prêtent le mieux à l'investigation embryologique sont justement ceux dont l'hérédité nous est le moins connue parce qu'ils croissent très lentement et sont difficiles à élever jusqu'à l'état de maturité sexuelle » [1].

Lenteur de croissance et difficultés d'élevage comptent, en effet, parmi les principales raisons qui ont contrarié les progrès de la Génétique des Batraciens. Un Crapaud, une Grenouille ne sont pas aptes à la reproduction avant d'avoir atteint l'âge de quatre ou cinq ans; et, de surcroît, tous les naturalistes qui ont tenté l'élevage de ces animaux savent combien il est difficile de faire vivre en captivité les jeunes imagos; obtenir l'adulte à partir de l'œuf est quasiment impossible.

Il est clair que l'on ne peut donc songer à employer, chez les Batraciens, le procédé qui, en bien des espèces animales, a permis de faire apparaître des anomalies héréditaires, ou mutations, à savoir la consanguinité maintenue au cours de plusieurs générations.

Toujours est-il que, jusqu'en 1947, on ne connaissait, chez les Batraciens, qu'une seule anomalie certainement héréditaire, l'*albinisme* ou manque total de pigment. Cette anomalie a été signalée d'abord chez l'Amblystome, puis, par Lataste, chez l'Alyte, ou Crapaud accoucheur [2]; on l'a retrouvée ensuite chez le Crapaud vert, la Grenouille rousse, où elle est extrêmement rare.

Une autre anomalie, l'*ectromélie bithoracique*, avait été découverte en 1941 chez le Crapaud ordinaire, par Mlle Kitty Ponse [3]; mais, en raison de son caractère létal, la transmission de cette anomalie n'a pu être suivie, encore que la nature génétique en soit extrêmement probable.

Or, dans ces dernières années (1947-1949), nous avons signalé l'existence de la *polydactylie*, tant chez le Crapaud ordinaire que chez la Grenouille verte. Il s'agit là certainement d'une anomalie génétique, puisqu'elle se transmet, comme nous avons pu le constater, suivant le mode mendélien. Presque en même temps, la polydactylie était signalée en Amérique par Bishop chez un Urodèle, l'Amblystome.

En outre, nous avons relevé, chez le Crapaud, soit à l'état larvaire, soit à l'état adulte, plusieurs autres anomalies (*polymélie, ectrodactylie, syndactylie, clinodactylie, monorhinie,* atrophie des yeux, suppression des dents), dont la nature génétique, sans être encore démontrée, apparaît au moins comme probable.

Ce sont ces nouvelles données que nous nous proposons de résumer dans le présent article, où nous laisserons volontairement de côté tout ce qui touche à la garniture chromosomique des Batraciens (travaux de G. Fankhauser et de son école), et aussi tout ce qui concerne la détermination sexuelle chez ces animaux (travaux de Crew, de Witschi, de K. Ponse, etc.).

(1) *How animals develop*, p. 122. George Allen, Londres, 1935.

(2) Héron-Royer, dès 1886 a réussi à faire reproduire des Alytes obtenues de têtards albinos. (Voir : Sur la reproduction de l'albinisme par voie héréditaire chez l'Alyte accoucheur et sur l'accouplement de ce Batracien *Bulletin de la Société Zoologique de France*, 1886, pp. 671-679.)

(3) « Il semble bien que nous ayons affaire à une mutation génétique qui a atteint la lignée germinale de la femelle. Si la chose se vérifie, c'est le premier cas de mutation étudié chez les Batraciens. » (Sur l'ectromélie bithoracique et diverses anomalies présentées par les descendants d'une ponte biddérienne d'un Crapaud femelle. *Revue suisse de Zoologie*, 48, 1941, p. 545.)

Légende de la planche ci-contre

1. Pattes de Crapaud ordinaire. *Polydactylie* (6 *orteils*)
2. Pattes de Grenouille verte. *Polydactylie* (6 *orteils*)
3. Pattes de Grenouille verte. *Polydactylie* (7 *orteils*)
4. Crapaud ordinaire. *Polymélie.*
5. Pattes de Crapaud ordinaire. Clinodactylie de l'orteil IV.

1
2
3
4
5

LA POLYDACTYLIE CHEZ LE CRAPAUD

Chez le Crapaud ordinaire (*Bufo bufo*), nous avons rencontré la polydactylie pour la première fois dans un lot de têtards obtenus par voie de *gynogenèse*.

Pour réaliser cette gynogenèse, on avait usé de la méthode suivante : les ovules mûrs, ayant été prélevés dans l'utérus d'une femelle en pleine ponte, sont fécondés avec du sperme de Grenouille rousse (*Rana temporaria*), préalablement soumis, en couche mince, à l'irradiation ultra-violette. Cette irradiation permet, en annihilant les propriétés héréditaires de l'élément paternel, d'obtenir des produits gynogénétiques, c'est-à-dire d'origine purement maternelle (Simon, A. Dalcq, 1930).

En général, les produits de gynogenèse sont *haploïdes* (nombre réduit de chromosomes), et présentent, par suite, une grave déficience organique (nanisme, œdème, etc.) qui les empêche d'arriver à la métamorphose; mais si, une dizaine de minutes après l'insémination, on porte les œufs de *Bufo* dans de l'eau glacée (+ 1° C), et qu'on les y laisse quelques heures, on obtient, à peu près constamment, une bonne proportion de larves vigoureuses, tout à fait normales. Le refroidissement a pour effet de déterminer, dans certains œufs, un doublement des chromosomes maternels, par réabsorption du second globule polaire; et cette « auto-régulation chromosomique » assure la robustesse et la viabilité de l'organisme (J. Rostand, 1933 et 1934; Fankhauser, 1939; Briggs, 1947) : elle transforme une *gynogenèse haploïde* en *gynogenèse diploïde*.

On obtient des résultats comparables en soumettant les œufs récemment fécondés à un court chauffage à+35° C (Fankhauser et Watson, 1942; Briggs, 1947).

En procédant de cette manière — fécondation des ovules de *Bufo bufo* par le sperme irradié de *Rana temporaria*, puis refroidissement ou chauffage de l'œuf — j'ai pu mener jusqu'à l'état parfait plusieurs centaines de larves gynogénétiques de *Bufo*. C'est dans un petit lot de ces larves (sept, provenant d'une même femelle) que j'ai constaté l'apparition de trois sujets polydactyles. La proportion de trois anormaux pour quatre normaux faisait tout naturellement penser à une anomalie transmise selon le mode mendélien : la femelle en question, et dont les pattes n'avaient pas été examinées, portait vraisemblablement un gène normal et un gène de polydactylie.

La polydactylie est bilatérale, elle porte uniquement sur les pattes postérieures (six orteils, au lieu de cinq); l'orteil surnuméraire est situé du côté interne du pied, il provient du dédoublement de l'orteil I.

Il y avait lieu désormais de rechercher la polydactylie parmi les Crapauds adultes, récoltés dans la nature; et, à cet effet, j'ai examiné une très grande quantité de Crapauds, tous du sexe mâle, provenant du Jura. Sur 7.407 individus, six présentaient, des deux côtés, une bifurcation très nette de l'orteil I.

Dans une autre population de Crapauds (mâles provenant du Jura et de l'Alsace) 4 individus, sur 44.000, montraient cette même anomalie, qui, chez l'un d'eux, était particulièrement prononcée : au lieu d'une bifurcation de l'orteil, il y avait un véritable orteil surnuméraire.

Restait à prouver la transmission de l'anomalie. L'un des mâles polydactyles du premier lot fut croisé avec une femelle normale (par insémination artificielle); de ce croisement furent obtenues 250 larves, dont 124 avaient des pattes postérieures normales, et 126 des pattes à six orteils, par bifurcation plus ou moins profonde de l'orteil I.

La proportion est donc nettement mendélienne; elle est celle qu'on pouvait attendre si le mâle polydactyle était hétérozygote pour le gène de polydactylie, et si ce dernier est un gène autosomique dominant sur son allèle normal.

D'assez sensibles différences se manifestent dans l'expression de l'anomalie. Chez un petit nombre de larves, la polydactylie est limitée à un seul membre; chez d'autres, elle ne se révèle que par un aplatissement caractéristique de l'extrémité de l'orteil I.

Un deuxième croisement du même type (mâle polydactyle, femelle normale) m'a fourni un résultat inattendu. Tous les produits de première génération furent normaux, du moins quant au nombre des orteils. Faut-il admettre qu'il existe, chez le Crapaud — comme chez d'autres formes animales — *deux sortes de polydactylie*, l'une à hérédité dominante, l'autre à hérédité dominée ou récessive? Ou faut-il penser que la polydactylie est un caractère dominé, et que, dans le croisement précédent, je suis tombé, par hasard, sur une femelle qui portait à l'état latent le gène de polydactylie?

On ne peut encore se prononcer avec certitude; mais, dès à présent, il semble bien établi qu'il y a une polydactylie de type récessif chez le Crapaud, car, d'une part, en pratiquant une gynogenèse sur une femelle à pattes *normales*, j'ai obtenu, sur 6 individus, 3 polydactyles; et, d'autre part, d'un croisement réalisé entre un mâle *normal* et une fe-

melle *normale*, j'ai obtenu à peu près un tiers de larves polydactyles.

J'ajoute que, dans ces deux cas, la polydactylie était nettement *moins accusée* que dans le premier croisement. On serait donc tenté d'admettre provisoirement l'existence de deux types de polydactylie chez le Crapaud, l'une à hérédité dominante, et l'autre (moins accentuée) à hérédité récessive.

On ne constate aucune différence physiologique (vitesse de développement, résistance à divers agents nocifs, etc.) entre les têtards normaux et les têtards polydactyles; peut-être ces derniers auraient-ils, à âge égal, une taille légèrement supérieure.

Les membres antérieurs ne sont jamais affectés, chez le Crapaud, par la polydactylie, du moins dans les conditions normales; mais, en élevage, j'ai obtenu deux individus à *polydactylie antérieure*, par dédoublement du pouce. Il est à remarquer que ces individus, de grande taille, avaient subi une métamorphose très retardée par rapport aux témoins (tendance à la *néoténie*) ; ce qui suggère l'idée que l'extension de la polydactylie aux membres antérieurs pourrait dépendre du moment d'action du gène par rapport au degré de développement de ces membres.

LA POLYDACTYLIE CHEZ LA GRENOUILLE VERTE

La polydactylie a été rencontrée dans un lot de Grenouilles vertes (*Rana esculenta*) récoltées dans un étang voisin de Concarneau [4].

15 pour 100 des Grenouilles provenant de cet étang (37 sur 256) présentent l'anomalie, sous une forme plus ou moins accentuée. Il s'agit donc là d'une véritable « mutation massive », analogue à celle qu'on a signalée en Amérique chez l'Amblystome. Sans doute la consanguinité a-t-elle favorisé la diffusion du gène dans la population considérée; on n'a pas encore prospecté les étangs voisins de « l'étang à polydactyles », mais il y aura lieu de rechercher quelle est la fréquence de la polydactylie chez *Rana esculenta* dans les régions proches de Concarneau [5].

La polydactylie, presque toujours bilatérale, est nettement plus accentuée chez la Grenouille verte que chez le Crapaud ordinaire; elle comporte généralement la présence d'un orteil surnuméraire bien constitué. Un tiers des sujets polydactyles possèdent plus de six orteils : *sept, huit, et jusqu'à neuf*.

En outre, alors que les membres antérieurs ne sont jamais affectés chez le Crapaud — du moins dans les conditions normales —, la polydactylie antérieure (par dédoublement du pouce) est assez fréquente chez la Grenouille verte; exceptionnelle chez les individus à six orteils, elle est *très fréquente* chez les individus à sept orteils ou davantage; chez ceux-ci, elle peut même aller jusqu'à la présence d'un doigt supplémentaire bien conformé.

La proportion sexuelle est normale parmi les Grenouilles polydactyles.

On ne peut guère douter que, chez la Grenouille verte comme chez le Crapaud ordinaire, la polydactylie ne soit d'origine génétique. Cependant, je n'ai pu encore vérifier le fait, car, des deux croisements que j'ai réalisés (femelle polydactyle avec mâle normal; femelle normale avec mâle polydactyle), je n'ai tiré *que des larves normales* (47 dans le premier cas, 382 dans le second). Il semble donc que la polydactylie se comporte comme un caractère *récessif* chez la Grenouille verte [6].

Notons que, dans l'un et l'autre de ces croisements, a apparu une proportion relativement élevée (3 pour 100) de larves *bicéphales*. On ne saurait dire encore si ce dédoublement précoce de l'ébauche embryonnaire est en relation avec la présence du gène de polydactylie.

Il y a apparence que c'est un même gène qui détermine la polydactylie à six orteils, ou la polydactylie à sept, huit, neuf orteils; sans doute s'agit-il là de simples différences dans le degré d'expression.

LA POLYMELIE CHEZ LES BATRACIENS ANOURES

Dans la descendance d'un mâle polydactyle de Crapaud a apparu, parmi les produits à six doigts, un sujet pourvu de membres surnuméraires (*polymélie*).

Du côté gauche, le pied de ce polymèle est profondément divisé en deux parties symétri-

(4) Ces Grenouilles m'avaient été obligeamment fournies par le Laboratoire de Biologie maritime de Concarneau.

(5) Sur des milliers de *Rana esculenta* provenant de Vendée, d'Alsace, de la région parisienne, etc., je n'ai trouvé aucun sujet polydactyle. D'après Isidore Geoffroy-Saint-Hilaire : « Quelques auteurs parlent assez vaguement de l'existence de six doigts aux pattes postérieures de la Grenouille. » (*Hist. gén. et particulière des anomalies*, 1832.) Le biologiste suisse Mich. Fischberg me signale qu'il a eu entre les mains une femelle polydactyle de *Rana esculenta* : « Elle présentait cinq orteils aux deux pattes. Ces orteils étaient très bien développés. Malheureusement, cette femelle a été trop fortement narcotisée par un étudiant et elle ne s'en est pas remise. » (Lettre personnelle, 1948.)

(6) La polydactylie n'a pas été encore signalée chez *Rana temporaria*, ni chez *Rana agilis*, ni chez *Hyla arborea*. J'ai examiné des milliers d'individus de la première espèce et des centaines de la troisième, sans relever aucune anomalie significative du nombre des doigts.

ques de latéralité inverse (une droite et une gauche), et dont chacune comprend les orteils III, IV et V. Du côté droit, le membre est complètement dédoublé à partir du genou; les deux pattes (jambe, tarse, pied) sont de structure normale et de latéralité inverse, la patte droite étant un peu plus grande que la gauche; toutes deux elles portent six orteils.

En outre, un deuxième membre, complet celui-là, quoique grêle, prend naissance à la face ventrale de la région pelvienne, un peu à droite de la ligne médiane; c'est un membre gauche, portant également six orteils.

Les membres antérieurs du polymèle sont parfaitement normaux.

La polymélie n'est pas une anomalie extrêmement rare chez les Batraciens Anoures; elle a été signalée à maintes reprises chez diverses espèces (Crapaud ordinaire, Grenouilles, Alyte, Discoglosse) [7]. Mais tous ces cas étaient jusqu'à présent rapportés à des processus d'hyperrégénération survenus dans le jeune âge. Le fait que, dans notre observation, la polymélie ait été associée à la polydactylie conduit à supposer qu'elle pourrait avoir — du moins dans certains cas — une origine génétique. Il est assez tentant d'admettre qu'elle résulte d'une action plus précoce du même gène qui détermine la polydactylie : selon le moment d'action, ce serait le doigt, ou la jambe, ou le membre entier qui se trouverait dédoublé.

Nous allons voir d'ailleurs que, chez l'Urodèle *Amblystoma*, Bishop a observé récemment une polymélie accompagnée de polydactylie et qui paraît bien être de nature génétique.

POLYDACTYLIE ET POLYMELIE CHEZ L'AMBLYSTOME

Dix-sept larves et deux adultes polydactyles de l'espèce *Amblystoma mexicanum* furent récoltés dans un lac situé à grande altitude, près de Boulder, dans le Colorado.

La polydactylie, chez l'Amblystome, est beaucoup plus prononcée que chez le Crapaud ordinaire, et même que chez la Grenouille verte, puisqu'elle va de la présence d'un orteil surnuméraire à celle d'un pied surnuméraire tout entier. Toutefois, elle n'affecte que les membres postérieurs alors que la polydactylie antérieure, nous l'avons noté, est relativement fréquente chez la Grenouille verte.

Les membres surnuméraires sont eux-mêmes polydactyles (comme dans le cas de notre Crapaud polymèle); ils peuvent porter jusqu'à douze orteils.

Il a été impossible jusqu'ici de faire reproduire les Amblystomes polydactyles. Aussi « l'exacte nature de cette anomalie reste-t-elle obscure, mais il y a de très hautes probabilités pour qu'un facteur génétique intervienne dans son développement » [8].

Rappelons qu'Isidore Geoffroy Saint-Hilaire, dans son « Histoire des anomalies », fait allusion à un Triton crêté atteint de polydactylie : « Ce triton a la patte postérieure droite terminée par six doigts au lieu de quatre, et la gauche en a jusqu'à sept, tous demi-palmés, et conformés régulièrement » [9].

L'ECTRODACTYLIE CHEZ LES ANOURES

Parmi des milliers de Crapauds ordinaires, j'ai trouvé un certain nombre de sujets *ectrodactyles*, par suppression de l'orteil I ou de l'orteil V; chez quelques-uns de ces animaux, l'anomalie est bilatérale; les pattes antérieures sont normales.

Il est impossible de dire, pour l'instant, si l'anomalie est de nature génétique ou si elle résulte d'une amputation précoce. Je pencherais à croire cependant que, dans certains cas, l'ectrodactylie peut être génétique chez le Crapaud, car, dans mes élevages de produits gynogénétiques, j'ai relevé une proportion assez considérable de sujets ectrodactyles. L'ectrodactylie, en ce cas, peut être à la fois postérieure et antérieure (quatre orteils, trois doigts); certains sujets n'ont que deux doigts aux pattes antérieures; certains même n'ont que trois orteils aux pattes postérieures et les deux mains réduites à l'état de moignons.

Tchou-Su avait déjà noté [10] que, sur trois Crapauds issus de gynogenèse, « deux n'avaient que quatre doigts au lieu de cinq aux membres postérieurs, trois au lieu de quatre aux pattes antérieures ».

Il est vraisemblable que, dans le cas de gynogenèse, l'ectrodactylie tient à la présence d'un ou plusieurs gènes récessifs en condition homozygote. Dans le même ordre d'idées, Kawamura [11] a observé des ectromélies unilatérales parmi des *Rana nigromaculata* obtenues par parthénogenèse.

(7) Voir, par exemple, G. de Falvard. Un cas d'hyperrégénération chez *Rana esculenta*. *Bulletin Biologique de la France et de la Belgique*, LXV (1931), p. 267.

(8) Bishop, *Journal of Heredity*, octobre 1947.

(9) *Histoire générale et particulière des anomalies de l'organisation*, 1832.

(10) Etude cytologique chez les Anoures (*Arch. d'Anatomie microscopique*, 1931, p. 30).

(11) Kawamura. *J. Sc. Hiroshima Univ.* Sér. B, Div. 1, vol. 6 et 7 (1939).

Des croisements pratiqués entre Crapauds ectrodactyles et sujets normaux ne m'ont fourni que des larves normales; je n'ai encore pu réaliser l'union de deux sujets ectrodactyles.

ANOMALIES DIVERSES DES PATTES

J'ai relevé plusieurs cas de *syndactylie* antérieure (doigts soudés) chez des larves gynogénétiques de Crapaud ordinaire, et aussi, chez ce même Crapaud, à l'état adulte, d'assez nombreux cas de *clinodactylie* (coudure d'un orteil, au niveau de la dernière phalange).

La clinodactylie, généralement postérieure, est assez souvent bilatérale et symétrique, ce qui laisse présumer qu'elle pourrait tenir à un facteur génétique; c'est l'orteil II, puis le IV, qui sont le plus fréquemment affectés.

LA MONORHINIE

Dans la descendance d'un croisement pratiqué entre un mâle polydactyle de Crapaud ordinaire et une femelle normale (croisement n'ayant produit que des larves normales quant au nombre des orteils), j'ai trouvé une proportion remarquable (environ 5 pour 100) de larves à narines anormales. Les deux narines sont contiguës, ou même confluentes, formant un orifice unique. Certaines larves présentent, en outre, une déformation particulière de la région buccale, qui s'allonge en une petite trompe; celles-là ne tardent pas à périr, tandis que, d'ordinaire, les larves *monorhines* jouissent d'une vigueur normale et peuvent franchir la métamorphose. Les imagos ont vécu un ou deux mois, en terrarium, comme les témoins; ils paraissaient gênés dans leur respiration, et gardaient la bouche constamment entr'ouverte.

Il est intéressant de noter que l'on peut, chez les Anoures, obtenir expérimentalement des larves monorhines par l'action précoce des sels de lithium. Si, comme il semble, la monorhinie peut être génétique chez le Crapaud, on aurait là un nouvel exemple d'un même effet morphologique produit par des gènes ou par une substance chimique.

Je n'ai jamais rencontré la monorhinie, même incomplète, chez le Crapaud adulte.

ABSENCE DES YEUX, ABSENCE DES DENTS ALBINISME PARTIEL

Enfin, dans des élevages de Crapauds gynogénétiques, j'ai trouvé des larves sans yeux, des larves sans dents, et aussi des larves frappées d'albinisme partiel, par contraction permanente des mélanophores.

Toutes ces anomalies sont dues, très vraisemblablement, à l'action de gènes récessifs, dont la gynogenèse aurait permis l'extériorisation.

Chez le Crapaud adulte, il existe des exemplaires présentant des déformations plus ou moins accentuées de l'iris (aniridis); mais, dans tous les cas que j'ai pu observer, l'anomalie était unilatérale.

INTERET, AVANTAGES ET DIFFICULTES DE LA GENETIQUE DES BATRACIENS

Tant qu'on n'aura pas découvert des mutations chez des Batraciens faciles à élever, comme le *Xenopus* [12], par exemple, la Génétique des Batraciens devra nécessairement se borner à l'étude des produits de première génération (F_1). Même ainsi limitée, elle pourrait, pensons-nous, avoir son intérêt propre, en raison des nombreuses facilités qu'offrent ces animaux à la recherche expérimentale.

Pour tout ce qui touche à la *physiologie du gène* et à la réalisation des caractères génétiques, les larves de Batraciens présentent de sensibles avantages : non seulement, l'on peut pratiquer, sur l'embryon et sur la larve, toutes sortes d'opérations (greffes, amputations suivies de régénérations, etc.), mais on peut facilement soumettre l'animal, pendant toute la durée de son développement, aux influences extérieures les plus diverses (température, variations de pression osmotique, substances chimiques, etc.); on peut accélérer sa métamorphose avec des produits hormonaux (*thyroxine*) ou la retarder avec des composés chimiques (*thiouracil*), etc.

Nous avons suggéré, par exemple, que la polymélie pourrait être déterminée, chez le Crapaud, par le même gène qui détermine la polydactylie; il y aura lieu d'éprouver cette hypothèse en tâchant de faire varier le moment d'action du gène par rapport au développement des ébauches de membres.

On admet que la plupart des gènes, sinon tous, produisent leurs effets par l'intermédiaire de substances chimiques; l'étude de ces substances à effet génétique pourra être tentée chez les Batraciens dans des conditions favorables eu égard à l'extrême abondance du

(12) Le *Xenopus Laevis* peut, en l'espace d'une année (à la température de 22°), atteindre la maturité sexuelle (Landgrebe et Purser, Breeding of Xenopus in the laboratory. *Nature*, 26 juillet 1941).

matériel. Il est facile, en effet, d'obtenir *plusieurs milliers de larves d'un seul couple.*

Certaines expériences d'embryologie seront rendues possibles du fait qu'on disposera de noyaux cellulaires à constitution génétique définie, et, par suite, aisément repérables.

Il pourra être intéressant d'étudier la répartition de certaines anomalies (géographie des gènes), et aussi de rechercher dans quelle mesure elles donnent prise à la sélection naturelle.

Inutile d'insister sur l'intérêt qu'il y aurait à obtenir des mutations *liées au sexe;* elles à obtenir des mutations *liées au sexe;* cela permettrait de résoudre les problèmes difficiles que pose la génétique sexuelle des Batraciens encore assez obscure malgré les beaux travaux de K. Ponse, Crew, Witschi.

Pour la réalisation des croisements on peut employer chez les Batraciens soit l'accouplement naturel, soit l'insémination artificielle ; les essais seront largement facilités du fait qu'on peut, pendant une grande partie de l'année, obtenir les œufs mûrs par ponte hypophysaire, et le sperme par injection de gonadostimulines (méthode de Galli-Mainini, confirmée par Hinglais [13]).

Pour révéler des mutations nouvelles, la gynogenèse apparaît comme une méthode de choix. Elle pourra également être employée quand il s'agira de faire reproduire une femelle anormale : même si l'anomalie est récessive, elle se manifestera dans une fraction de la descendance gynogénétique.

En associant à la gynogenèse l'action de certains agents physiques (rayons X, radium) ou chimiques (trypaflavine, phénol, ypérite, etc.), on augmentera vraisemblablement le taux des mutations dans la descendance.

Les quelques expériences que j'ai effectuées dans cette voie avec les rayons X, notamment sur le Crapaud, n'ont pas donné de résultats positifs : ou les femelles ont été stérilisées par des doses trop fortes de rayonnement, ou elles ont produit une descendance normale. Il est à peu près certain, cependant, que ce genre d'essais doit conduire à l'obtention de mutations artificielles.

En bref, nous pensons que la Génétique des Batraciens, bien qu'elle soit une des dernières venues, a son rôle à jouer dans l'étude expérimentale de l'hérédité, et que ces animaux ne tarderont pas à conquérir une place non négligeable dans les laboratoires de Génétique.

(13) C. Galli-Mainini. *Semana Medica*, 64, 1947, p. 337. — H. et M. Hinglais. *Comptes rendus de l'Ac. des Sciences*. 226, 1948, p. 1041.

BIBLIOGRAPHIE

Bishop (D. W.). — Polydactyly in the tiger Salamander. *Journal of Heredity*. 38, pp. 290-3. Octobre 1947.

Geoffroy-Saint-Hilaire (Isidore). — *Histoire générale et particulière des anomalies de l'organisation chez l'homme et les animaux*. Baillière, tome I, 1832, p. 688.

Héron-Royer. — Sur la reproduction de l'albinisme par voie héréditaire chez l'Alyte accoucheur et sur l'accouplement de ce Batracien. *Bulletin Soc. Zoologique de France*, 1886, p. 671.

Ponse (K.). — Sur l'ectromélie bithoracique et diverses anomalies présentées par les descendants d'une ponte biddérienne d'un Crapaud femelle. *Revue suisse de Zoologie*, 48 (1941), p. 545.

Rostand (J.). — L'Albinisme chez les Batraciens anoures. *Revue scientifique*, 84 (1946), 564.

— Gynogenèse et polydactylie chez le Crapaud ordinaire. *Comptes rendus de la Société de Biologie*, 141 (1947), 629.

— Gynogenèse et anomalies digitales chez le Crapaud (*Bufo bufo*). *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 225 (1947), 417.

— Polydactylie naturelle chez le Crapaud ordinaire (*Bufo bufo*). *Ibid.* 226 (1948), 1224.

— Ectrodactylie naturelle chez le Crapaud ordinaire (*Bufo bufo*). *Ibid.* 226 (1948), 1398.

— Hérédité de la polydactylie chez le Crapaud ordinaire. *Ibid.* 228 (1949), 778.

— Sur la descendance d'un mâle polydactyle de Crapaud ordinaire. *Ibid* 228 (1949), 1159.

— Polydactylie naturelle chez la Grenouille verte (*Rana esculenta*). *Ibid.* 228 (1949), 1666.

— Polymélie chez le Crapaud ordinaire (*Bufo bufo*). *Comptes rendus de la Soc. de Biologie*, CXLIV (1949), 666.

— Sur les anomalies relevées dans une population de Crapaud ordinaire. *Ibid.* (Sous presse).

De la Réanimation en Chirurgie

par le Docteur Pierre F. PETIT

Le fonctionnement physiologique des différents organes est sous la dépendance du milieu circulant qui les irrigue, les nourrit et leur apporte leur oxygène. C'est ce milieu circulant qui va subir, au cours de l'agression chirurgicale, des perturbations profondes, et le rôle du réanimateur est de maintenir son « homéostasie », c'est-à-dire de rendre normal, à tout instant, *sa qualité, sa quantité, sa mobilité.*

I. — QUALITÉ DU MILIEU CIRCULANT

La qualité du milieu circulant s'apprécie surtout avant et après l'intervention, par les différents examens fournis par le laboratoire :

a) Numération et formule sanguine. Taux de l'hémoglobine.

b) Dosage de l'urée, constante d'Ambard, etc: l'état des reins est un facteur primordial car, plus que tout autre, l'opéré a besoin d'avoir une diurèse satisfaisante pour se débarrasser des substances de déchet, nées de l'intervention.

c) Dosage des chlorures globulaires et plasmatiques.

d) Dosage des protides plasmatiques (sérine + globuline) et on sait tout l'intérêt de ce dosage au triple point de vue :

— Du maintien de la presse osmatique intravasculaire.

— De l'élaboration de l'hémoglobine.

— De la cicatrisation des plaies.

e) Etude de la crase sanguine (temps de saignement, temps de coagulation, dosage de prothrombine).

f) Enfin, il est bon de faire une recherche du groupe sanguin et du facteur Rh du malade et, si ce dernier a subi des transfusions antérieures, de faire une recherche des agglutinines irrégulières.

Un examen somatiquue approfondi est le complément indispensable de ce bilan du milieu circulant.

Le rôle du réanimateur est d'amener le malade à l'intervention dans les meilleures conditions possibles au point de vue physiologique et de maintenir cet équilibre pendant et après l'intervention. Pour ce faire, toute une gamme de substances, naturelles et artificielles, sont à sa disposition.

1° Substances naturelles.

a) D'abord et avant tout, *le SANG,* frais ou conservé;

— *Le sang frais* est, sans conteste, le meilleur car il est totalement greffable. C'est un sang médical, le sang de la qualité.

— *Le sang conservé* perd rapidement de sa valeur avec le temps.

Du sang de trois jours ne possède que la moitié de ses hématies, greffables et, passé ce délai, il ne peut plus être considéré que comme une masse circulante très pauvre en vecteurs d'oxygène.

Comme le fait remarquer Tzanck : « Sang toléré ne veut pas dire sang actif. » C'est un sang chirurgical, le sang de la quantité. Les accidents transfusionnels s'observent plus souvent avec lui qu'avec le sang frais, mais il a, par contre, l'avantage de ne plus transmettre la syphilis après un séjour de 72 heures à la glacière.

b) *Le Plasma,* liquide ou desséché. Ce dernier doit être préféré en raison de sa conservation indéfinie. Il trouve son utilisation en temps de guerre, ou dans les postes chirurgicaux isolés. Il n'apporte pas de vecteurs d'oxygène, mais permet au chirurgien, en l'absence de sang, de restaurer une masse circulante défaillante. Son intérêt médical réside dans la correction des hypoprotéïnémies (dénutris, brûlés, etc...).

2° Substances artificielles.

a) *Les différents sérums :*

Salé ou glucosé, isotonique ou hypertonique ;

- Bicarbonaté, hyposulfité de Binet, destiné à lutter contre l'acidose post-opératoire.

A propos de ces différents sérums, rappelons que, pour un adulte de poids moyen :

— Le besoin en eau est de 3 à 5 litres par 24 heures;

— Le besoin en sel est de 1 gr par 10 kilos de poids corporel.

b) Et enfin, dernières nées, des solutions de substances à grosses molécules à pouvoir osmotique élevé, leur permettant de rester longtemps dans les vaisseaux et de constituer une bonne masse circulante, et un excellent support aux globules rouges. En France, la plus communément employée, est une solution de polyvinylpyrrolidone à 3,5 %. [1]

Ainsi donc, grâce à ces différentes substances, l'équilibre du milieu circulant sera maintenu pendant l'intervention, par son remplacement progressif, en qualité et en quantité, au fur et à mesure de sa spoliation. Mais cette spoliation est difficile à évaluer et son estimation ne pourra se faire que grâce à une certaine habitude et en se basant sur l'état du malade pendant le déroulement de l'acte opératoire. C'est le côté purement clinique de la réanimation, et à son propos se posent différents problèmes concernant l'hydraulique circulatoire, c'est-à-dire la quantité du milieu circulant.

II. — QUANTITÉ DU MILIEU CIRCULANT

Notre masse circulante est trop petite pour son contenant et, ainsi que l'a dit L. Frédéricq : « La quantité de sang contenue dans le corps n'est pas suffisante pour alimenter tous les organes à la fois. L'économie animale fonctionne avec un minimum de sang qui se porte tantôt d'un côté, tantôt de l'autre. Le vasomotricité préside à cette répartition et aux compensations qu'elle nécessite. »

Toutefois, cette masse circulante est constante; longtemps, on a considéré qu'elle était égale à 7 ou 8 % du poids du corps (le 1/13 environ), mais des travaux plus récents d'auteurs étrangers permettent de penser qu'elle attiendrait 9 à 10 % de ce poids (le 1/11 environ).

La constance quantitative de ce milieu circulant dépend de deux facteurs :

1°. Un facteur exogène : les pertes et les apports.

2°. Un facteur endogène : un système de compensation entre l'eau des tissus et des espaces lacunaires, et le milieu circulant.

C'est le premier facteur qui intéresse le réanimateur et il faut étudier comment se comporte l'organisme en face des pertes et des apports.

(1) Commercialisée sous le nom de *Subtosan*.

a) Diminution de la masse circulante.

Les réactions immédiates de l'organisme sont différentes, suivant que la spoliation a lieu lentement ou brutalement.

a) *Spoliation lente*. Elle peut porter :

— Sur la *totalité* de la masse circulante (hémorragie distillante des voies digestives) ;

— Ou sur une *fraction* de cette masse circulante : *a*) Fraction *plasmatique* (brûlés) ;

b) Fraction *aqueuse* (malades en occlusion qui se déshydratent par leurs vomissements ou parce qu'on leur aspire leur contenu duodénal).

Si l'apport alimentaire et liquidien par voie orale est suffisante pour compenser cette spoliation (petites hémorragies des néoplasies digestives, brûlures peu étendues, etc...), la masse circulante ne se modifie pas, *tout au moins cliniquement*, en quantité, mais seulement et très lentement, en qualité (anémie, hypoprotéïnémie).

Mais si l'apport alimentaire et liquide est, en regard de la spoliation, insuffisant (brûlures très étendues) ou impossible (malades en occlusion grêle), la masse circulante s'amenuise progressivement en quelques jours, jusqu'au moment où l'équilibre osmotique entre les vaisseaux et les espaces lacunaires est en défaut, et où apparaît le « syndrome de réduction de la masse circulante » que nous décrirons plus loin.

b) *Spoliation brutale*. Elle ne peut porter que sur la *totalité* de la masse circulante.

Depuis longtemps, les physiologistes se sont préoccupés de savoir quelle était la spoliation maximum au-dessus de laquelle la vie n'était plus possible. L'Ecole Anglaise, avec Bayliss, admet que la spoliation maximum est de 50 % de la masse totale du sang (soit 3 litres environ pour un adulte normal). L'Ecole Française, et plus récemment, L. Binet, affirme que la mort ne surviendrait qu'après une spoliation égale aux 3/5 du sang total.

Mais ce sont là des chiffres limites et hors du cadre habituel des hémorragies au cours d'interventions chirurgicales. Plus intéressante est l'étude des spoliations qui ne déterminent qu'une modification plus ou moins passagère, de l'hydraulique circulatoire. Expérimentalement on observe de telles hémorragies chez les donneurs de sang. On sait qu'on peut soustraire à un donneur entraîné, en une fois, brutalement, une quantité de sang (variable suivant les individus) comprise entre 800 et 1.200 cc. A partir de cette dose brutalement soustraite,

le donneur présente un collapsus hémorragique de courte durée et, très rapidement, recouvre son équilibre circulatoire. On peut donc admettre que le *maximum de spoliation immédiatement compensé* est, pour un individu normal de 800 à 1.000 cc. Mais un tel donneur, venant de subir une telle spoliation peut, au bout d'un certain temps, lorsque son hydraulique circulatoire s'est rétablie, et sans aucun apport extérieur, subir une nouvelle spoliation brutale. Nous avons connu des donneurs qui pouvaient supporter ainsi, en deux ou trois fois, et en deux ou trois heures, des saignées pouvant atteindre au total 1.400 à 1.600 cc et qui compensaient ces hémorragies. En s'arrêtant à des chiffres moyens, on peut donc dire que chez un adulte normal 800 cc est la *spoliation immédiatement compensée*, et qu'une série de spoliations s'échelonnant sur un temps relativement court peut atteindre 1.500 cc. C'est le *maximum de spoliation compensable*.

Les transfuseurs connaissent bien les appels d'urgence des accoucheurs auprès d'une femme soi-disant « saignée à blanc » ou des chirurgiens auprès d'une femme présentant une rupture de grossesse extra-utérine et qu'ils trouvent, à leur arrivée, alors que l'hémorragie est arrêtée, recolorée, avec un pouls rapide mais bien frappé. Il s'agissait d'hémorragies restant dans les limites des hémorragies immédiatement compensées ou compensables.

L'organisme est donc capable de subir des hémorragies importantes et de se faire à lui-même une « transfusion profonde » pour user de l'expression de L. Binet, en drainant dans les vaisseaux le liquide des espaces lacunaires. La compensation est d'ailleurs faite non seulement en quantité, mais aussi en qualité, l'organisme essayant de garder la valeur fonctionnelle de son sang en faisant passer dans la circulation le sang splénique riche en globules rouges (il contient environ le double des globules rouges du sang circulant).

L'acte chirurgical entraîne une spoliation continue, constituée par :

Une hémorragie;
Une fuite plasmatique;
Une déshydratation.

1° *L'hémorragie*. Les Américains, Wangensteen en particulier, ont essayé de déterminer l'importance de l'hémorragie au cours des différentes interventions. Si elle est minime pour une appendicite ou une hernie (25 à 80 cc), elle atteint environ 400 cc pour un goitre ou un sein, 500 à 700 cc pour une gastrectomie, et dépasse 1.500 cc pour une pneumonectomie.

2° *La fuite plasmatique* est d'autant plus importante qu'il existe de gros délabrements musculaires. Elle se prolongera d'ailleurs plus ou moins longtemps après la fin de l'intervention.

3° *La déshydratation* est due à de nombreux facteurs :

— Vaporisation exagérée au niveau des poumons, par suite de l'anesthésie;

— Séjour dans une salle trop souvent surchauffée;

— Transpiration sous des champs qui contrarient l'évaporation (et on sait qu'une transpiration abondante peut provoquer une élimination d'eau de plus de 400 cc par heure);

— Manque à gagner s'il s'agit d'une intervention de longue durée.

On voit donc qu'en chirurgie courante la spoliation atteint rarement le maximum compensable, et ce fait nous permet de comprendre pourquoi la chirurgie a pu exister, malgré tout, sans la réanimation, et pourquoi les meilleurs résultats appartenaient aux plus adroits, aux plus rapides, et aux plus « épargnants » des chirurgiens. Toutefois, les suites opératoires étaient plus mouvementées, chaque fois que la spoliation avait été importante, du fait de l'oligurie, et pour peu que la spoliation continuât sous forme de suintement plasmatique, de transpiration, de vomissements, les malades présentaient alors un « choc secondaire ».

b) Augmentation de la masse circulante.

Il est curieux de constater combien cette question a peu préoccupé les physiologistes modernes, et pourtant, puisque le contenant est trop grand pour le contenu, il semble qu'on doive pouvoir injecter dans les vaisseaux une quantité importante de liquide. Mais la vitesse d'introduction doit être considérée et, comme pour la diminution de la masse circulante, il y a lieu de distinguer deux cas :

— Une augmentation lente;
— Une augmentation brutale.

a) *Augmentation lente*. On soit qu'on peut, chez un individu normal faire une perfusion lente d'un liquide physiologique quelconque sans nuire à son équilibre circulatoire. En réalité, il n'y a pas là d'augmentation véritable, car l'organisme se débarrasse régulièrement de son excès de liquide, en particulier en augmentant sa diurèse. Un apport prolongé peut provoquer des troubles humoraux, une fatigue rénale, déclencher des œdèmes, s'il s'agit d'un excès de NaCl, mais qu'on supprime la perfusion, et tout rentre habituellement dans l'ordre.

b) *Augmentation brutale.* Toute une série de recherches furent faites à propos par des physiologistes de la fin du XIX^e siècle. C'est ainsi que, vers 1875, Ponfick (de Breslau) recherche quelles sont les conséquences physiologiques de l'acroissement rapide de la masse sanguine. Il utilise, pour ce faire, un sérum salé à 1 % contenant de l'albumine (blanc d'œuf) et constate « qu'on peut augmenter *de moitié* la masse totale du sang, sans autre conséquence qu'une légère oppression et quelques symptômes spéciaux de l'appareil urinaire, en particulier une diminution du poids spécifique de l'urine. »

Jacob Worm Muller (de Christiana) a fait des expériences similaires, mais les travaux les plus importants sont, sans conteste, ceux du baron Stanislas von Lesser, Privat docent de l'Université de Leipzig. Il a montré « qu'un chien rendu artificiellement pléthorique, après avoir reçu d'un autre, par la transfusion, environ le double de la quantité de sang qu'il possédait primitivement (quantité qu'il évalue à 7 % du poids du corps), n'éprouve aucune souffrance et continue à vivre avec cette grosse quantité de sang ». Ce fait a amené von Lesser à rechercher dans quelles parties de l'organisme séjourne cette masse sanguine si fortement accrue. « Rarement, en effet, il survient des extravasations, et à part quelques ecchymoses ayant tout au plus la grosseur d'une tête d'épingle, on constate très rarement des exsudations dans les cavités séreuses ou dans les interstices celluleux des tissus, ou une circulation plus active dans le canal thoracique, ainsi que l'on peut s'en rendre compte en recueillant la lymphe. La plus grande partie du sang introduit reste par conséquent dans les vaisseaux et, ce qui est à peu près certain, dans les capillaires, les petites veines et les petites artères. Ces appareils constituent dans les organes, des réservoirs destinés à recueillir cette énorme masse sanguine ».

D'autres expériences lui ont appris : « qu'avec une injection considérable de sang, aucun changement ne se fait dans les fonctions du cœur, qu'aucune affluence normale ne se montre dans les poumons. Par contre, il y a refoulement en arrière des veines caves; les vaisseaux des membranes muqueuses visibles sont distendus; il en est de même des veines de la peau. A tout cela s'ajoute la tension de l'abdomen, des envies d'aller à la selle, des vomissements de sang, des diarrhées sanguinolentes et, par conséquent, un refoulement qui s'étend jusque dans les racines de la veine porte. »

Lesser observe encore : « Après une transfusion de 2 à 4 % du poids du corps, la pression sanguine monte peu et n'est que passagère pour revenir bientôt à son point de départ. Après une transfusion doublant ou triplant la masse sanguine primitive, la pression paraît ne pas augmenter davantage. »

Pour notre compte personnel, nous savons avoir injecté chez les opérés n'ayant subi qu'une spoliation très légère, des quantités importantes de liquides organiques ou artificiels, de l'ordre de 1.500 à 2.000 cc sans jamais constater d'accidents, ni même d'incidents. Chez les tout-petits, les chiffres sont encore plus éloquents. Chez des nouveau-nés de 4 kilos — bien que cette pratique soit considérée comme dangereuse par certains auteurs — nous faisons couramment, par voie intra-jugulaire, des transfusions de 150 cc, rapidement, à la seringue, sans jamais observer aucun accident. Si l'on admet que la masse circulante du nourrisson est d'environ le 1/10 de son poids (soit 400 cc pour un enfant de 4 kilos) la quantité de sang injecté représente plus du 1/3 de cette masse circulante. Nous avons eu l'occasion d'observer, au cours d'une perfusion chez un nourrisson de trois semaines, en équilibre circulatoire normal, par suite d'une fausse manœuvre, l'apport brutal, en quelques minutes, de plus de 300 cc de sérum physiologique. Cette injection rapide, correspondant aux 3/4 de la masse circulante, fut parfaitement tolérée; l'enfant accusa de la polypnée, un peu d'oppression, de la congestion de la face, mais, en moins de vingt minutes, tout était rentré dans l'ordre. Dans les heures qui suivirent, la diurèse fut simplement très considérablement augmentée.

On peut donc admettre que, chez un adulte de 70 à 80 kilos, une transfusion rapide de 1.500 cc, ce qui ne représente que le 1/4 environ du volume circulant, est parfaitement tolérée, et c'est là un chiffre moyen, *très au-dessous des possibilités physiologiques d'augmentation de la masse circulante.*

Von Lesser a fait également toute une série d'expérience, qui mériteraient d'être reprises, car elles présentent le plus gros intérêt pour le réanimateur. Elles concernent les hémorragies mortelles chez les animaux ainsi rendus pléthoriques. Lesser a montré «qu'un animal qui a reçu beaucoup de sang, auquel on fait une saignée mortelle — c'est-à-dire jusqu'à ce que la pression artérielle *arrive à* 0 — ne perd pas en sang plus de 4 à 6 % de son poids; il n'en perd pas plus qu'un animal semblable qui possède sa quantité normale de ce liquide.

« C'est ainsi que l'animal peut encore avoir, après une perte de sang mortelle, *plusieurs centaines de grammes de sang dépassant la masse sanguine normale. La mort arrive avant*

que toute la masse sanguine transfusée se soit écoulée. Par conséquent, les animaux rendus artificiellement pléthoriques deviennent plus sensibles, en quelque sorte, que les autres aux pertes de sang.

« Ces observations démontrent que la mort par hémorragie n'arrive *pas tant par insuffisance de sang, que par défaut de mouvement.* Par l'affaissement de la pression artérielle et la cessation de la vie *a tergo,* le cœur — et avec lui le cerveau — ne reçoivent plus de sang. Plus l'individu était riche en sang précédemment, plus il restera de sang dans l'organisme, et plus la thérapeutique aura une action sûre en s'efforçant d'employer le sang qui reste au relèvement de la force artérielle; elle pourra y arriver en plaçant le corps et la tête en bas, par des compressions, en massant les extrémités et, mieux encore, par l'application de l'appareil d'Esmarck, par le massage de l'abdomen et la compression du thorax. »

Tout se passe donc comme si l'apport de liquide en excès dans le vase circulatoire était mis en réserve dans les vaisseaux profonds (V. cave, système porte, vaisseaux mésentériques, etc...) et que le volume *circulant* reste constant.

Au point de vue réanimation, cela veut dire qu'on ne doit pas tenir compte de la quantité de sang qui a été injectée d'avance. Par exemple, si on pense avoir injecté 1000 cc de plus que la spoliation présumée, et si une hémorragie de cette quantité survient brutalement l'opéré fera un collapsus de la même façon que s'il n'avait reçu aucun excédent de liquide. La pratique semble confirmer ces faits.

Ainsi donc, au cours d'une opération, chez un individu physiologiquement normal de 70 à 80 kilos, une spoliation de 1.500 cc, s'échelonnant sur les quelques heures que dure l'intervention, est possible, sans que soit modifiée l'hydraulique circulatoire, mais un apport excédentaire de la même quantité *au moins* est possible, sans provoquer d'accident. Il y a donc, pour le réanimateur, un « battement de sécurité » dont l'amplitude est grande; toutefois, il est indispensable, pratiquement, d'être toujours très au delà de la spoliation, l'excédent de liquide mis en réserve favorisant, ultérieurement, une diurèse qui se doit d'être abondante. Le secret de la réanimation peropératoire c'est, dans les limites que nous venons de fixer, de « pêcher par excès ».

III. — MOBILITÉ DU MILIEU CIRCULANT

Pour irriguer, nourrir et oxygéner les différents tissus, le milieu circulant, comme son nom l'indique, doit être *mobile.* Cette mobilité est compromise dans un certain nombre de cas, par le jeu de la vaso-motricité.

Si nous considérons l'état dans lequel se trouvent :

— L'individu qui tombe en syncope au moment ou on approche de son bras l'aiguille qui servira à lui faire une prise de sang;

— Le boxeur qui vient d'être K. O.

— Le malade qui fait un infarctus du myocarde;

— L'hémorragique dont l'hémorragie ne se compense plus;

— L'opéré qui vient de subir une intervention longue, sans aucun apport liquidien;

— Le brûlé grave qui a suinté abondamment du plasma;

— L'occlus du grêle de quelques heures qui vomit d'une façon incoercible,

...nous nous apercevons que tous ces individus présentent un même tableau clinique : le « syndrome de réduction de la masse circulante » qu'on baptise plus communément du nom de *choc.*

Il se caractérise dans l'ordre chronologique par :

a) L'apparition progressive d'un collapsus périphérique, avec diminution progressive de la circulation de retour, déterminant :

b) Une chute secondaire de la tension artérielle;

c) Une polypnée asphyxique;

d) Le phénomène paradoxal de la sudation, entraînant une évaporation qui abaisse la température cutanée et maintient le collapsus périphérique.

Le phénomène du choc a été particulièrement étudié, ces dernières années, par Hans Selye (de Montréal), qui l'a intégré dans son «Syndrome général d'adaptation », et sans entrer dans des discussions pathogéniques qui n'ont pas leur place ici, il est prouvé que le mécanisme de son déclenchement est sous la dépendance de l'hypophyse antérieure et du cortex surrénal. Dans le choc, il y aurait une carence secrétoire des cortico-surrénales.

Mais alors que l'hémorragique, l'opéré, le brûlé, l'occlus, présentent ce syndrome à la suite d'une spoliation importante, l'individu en syncope, celui de l'infarctus du myocarde, le boxeur, n'ont subi aucune spoliation et présentent un tel syndrome à la suite d'un réflexe d'immobilisation de la masse circulante.

I. — Quelles causes étiologiques en dehors de la spoliation, sont-elles capables de déclencher un tel réflexe ? Elles sont au nombre de deux :

a) *La peur.* C'est le cas pour l'individu qui tend son bras à la prise de sang.

b) *La douleur.* C'est le cas pour le boxeur, car il faut étendre le terme de douleur à toute souffrance viscérale, à toute excitation d'une zone réflexogène.

Peur et douleur peuvent s'associer comme c'est le cas pour la douleur angoissante de l'infarctus du myocarde.

A. La Peur. C'est elle qui déclenche la syncope du malade à qui on va faire une prise de sang, de celui qui entre dans une salle d'opération, et les chirurgiens savent très bien combien sont dangereux les malades qui ont l'appréhension du bistouri. Aussi la « mise en en confiance », la préparation pendant les jours qui précèdent l'intervention, la médication pré-anesthésique, sont-ils autant de facteurs qui vont faire disparaître l'angoisse du malade et l'amener, calme et paisible, devant le chirurgien. Il faut avoir « peur du malade qui a peur ».

B. — La Douleur. On sait que la douleur, à elle seule, peut provoquer le choc. Comme le dit Leriche : « Elle met d'habitude tout l'individu en vaso-constriction, à ce régime circulatoire pauvre qui trouble assez vite toutes les fonctions. » On sait combien sont choquants certains syndromes chirurgicaux douloureux : les coliques hépatiques ou néphrétiques, la phase du début d'une pancréatite hémorragique, le coup de poignard d'une perforation d'ulcère, et même tout simplement certaines coliques intestinales accompagnées de spasmes ou de distension. C'est aussi le cas pour certains « temps opératoires ». Il existe en effet des manœuvres qui sont redoutées des chirurgiens, car elles déclenchent brutalement un réflexe d'immobilisation de la masse circulante. La seule façon d'éviter le déclenchement de ce réflexe, c'est de réaliser une anesthésie suffisamment profonde. L'utilisation du curare dans le but d'obtenir un relâchement musculaire complet, permet d'éviter le choc dans tous les cas où interviennent des élongations ou de gros déplacements musculaires douloureux (chirurgie de la hanche, par exemple), mais le curare n'agit en aucune façon sur la douleur viscérale, ni sur les réflexes sympathiques, et beaucoup trop d'anesthésistes modernes ont le tort, obtenant un silence abdominal qui satisfait le chirurgien et, ultérieurement, un réveil précoce spectaculaire qui les satisfait eux-mêmes, de donner des anesthésies trop superficielles durant lesquelles le malade « sent », au sens organique de ce mot.

Le rôle du réanimateur est nul dans ce cas, l'apport de liquide inefficace, et le traitement du choc, uniquement préventif, n'incombe qu'à l'anesthésiste. Celui-ci doit être aidé par le chirurgien qui, connaissant le « temps choquant », infiltrera à la novocaïne, suivant la technique de Leriche, les mésos riches en nerfs et en terminaisons sympathiques.

L'opium sous toutes ses formes, procurant apaisement et euphorie, restera la médication de choix du malade à l'état de veille.

II. — Par contre chez l'hémorragique, l'opéré le brûlé, l'occlus, le réflexe d'immobilisation de la masse circulante est déclenché par la spoliation, et son apparition est, nous l'avons vu, sous la dépendance de la vitesse et du volume de cette spoliation. La mobilité du milieu circulant dépend donc de sa quantité. La thérapeutique du choc avec spoliation mal compensée ou non compensable est donc, de toute évidence, la restitution d'une masse circulante. Cette restitution doit être rapide, massive, brutale. On doit la faire à la seringue, de façon à fournir aux globules rouges le « tapis roulant » qui les véhiculera. Une perfusion goutte à goutte est, dans les cas de spoliation massive, une hérésie, car c'est courir après une masse circulante qu'on ne rattrape jamais. Il faut d'abord restituer la totalité de la masse circulante et ensuite, si l'apport normal par voie orale est impossible, mettre ces malades en perfusion lente pour leur apporter leur ration quotidienne de liquide.

La restitution se fera dans le sens de la spoliation :

— Eau et sel + plasma ou sang, pour les occlus (une hypoprotéïnémie étant la conséquence de la dénutrition) ;

— Plasma et sang pour les brûlés;

— Sang pour les hémorragiques.

Dans ce dernier cas, si on ne dispose pas d'une quantité de sang suffisante pour rétablir qualitativement la totalité de la masse circulante, on complètera par un liquide artificiel : Subtosan, ou à défaut sérum (c'est dans ces cas que L. Binet a préconisé le sang dilué) et on mettra le malade dans une atmosphère suroxygénée pour pallier à l'insuffisance des vecteurs d'oxygène.

Certains auteurs ont voulu faire une distinction entre le choc sans spoliation qu'ils ont appelé collapsus, choc primaire, choc nerveux, et le choc avec spoliation. Peut-être, dans l'intimité du déclenchement du réflexe d'immobilisation le mécanisme n'est-il pas tout à fait

le même, mais le tableau clinique terminal est tel qu'on sait combien il est difficile, dans certains cas, de faire la part de ce qui revient au choc sans spoliation et de ce qui revient à la spoliation, combien il est difficile, par exemple, dans les heures qui suivent une intervention, de savoir si on se trouve en présence d'un choc pur ou d'une hémorragie interne.

En réalité, c'est en se basant sur la genèse des faits et sur un certain nombre d'autres symptômes cliniques qu'on pourra faire le diagnostic mais, de toute façon, s'il existe un mélange de choc sans spoliation et de choc avec spoliation, il importe de restituer d'abord la masse circulante, car l'expérience prouve :

1° Que le choc sans spoliation se déclenche beaucoup plus vite chez un malade en déséquilibre circulatoire,

2° Et qu'inversement, le choc sans spoliation ne guérira vite qu'autant que l'équilibre circulatoire sera rétabli.

La quantité de liquide à restituer est dans ce cas difficile à évaluer, mais on est très à l'aise, puisqu'on sait qu'un apport considérable de liquide est parfaitement toléré. Depuis peu de temps, l'utilisation de la novocaïne intraveineuse dans le choc est devenue de pratique courante. C'est une excellente médication qui a un triple effet :

— Elle lève le stase périphérique, permet l'introduction facile d'une masse liquide importante et rétablit rapidement l'équilibre circulatoire;

— Elle a une action calmante sur les douleurs et les spasmes viscéraux;

— Elle a également une action centrale, en agissant comme un excitant cérébral (les neurochirurgiens en usent pour sortir leurs malades du coma).

Elle est donc indiquée dans tous les cas, qu'il s'agisse de choc avec ou sans spoliation. Personnellement, nous en usons largement et même préventivement en cours d'intervention, chaque fois que la perfusion a tendance à ralentir, ce qui traduit le début d'un collapsus périphérique. Ce signe, précurseur du choc, apparaît bien avant la chute de la tension artérielle et doit être considéré comme le véritable « baromètre » du réanimateur.

CONCLUSION

Nous nous sommes efforcé d'envisager le côté clinique de la réanimation, tel qu'il se présente en pratique chirurgicale courante. Tour à tour, nous avons essayé de résoudre les trois problèmes qui se posent à propos du maintien de l'homéostasie du milieu circulant: celui de sa qualité, celui de sa quantité, celui de sa mobilité. Mais si la réanimation apporte à la chirurgie courante la sécurité per-opératoire, la simplification des suites post-opératoires, et offre à la chirurgie majeure d'énormes possibilités, elle ne peut suffire, à elle seule, à assurer le succès; celui-ci ne s'obtiendra qu'au prix des efforts conjugués d'un triumvirat dont les trois membres ont partie liée : le chirurgien, l'anesthésiste, le réanimateur.

Dr P. F. Petit.

J. MALLARMÉ

CAHIERS D'HÉMATOLOGIE

I. LE SANG NORMAL. — Cytologie descriptive, techniques d'examen

1 volume, in-4° coquille, 158 pages, 5 planches hors-texte dont 3 en 5 couleurs 900 fr.

II. LES ANÉMIES. — Classification, maladie de Biermer, anémies parabiermériennes

1 volume, in-4° coquille, 192 pages, 6 planches hors-texte dont 4 en 5 couleurs. Prix de souscription jusqu'au 31 janvier 1.000 fr.

bibliographie

BAUER (Ed.), Professeur à la Sorbonne. — **L'électromagnétisme hier et aujourd'hui.** — Un vol. in-16 de 532 p., avec 14 fig. in texte en similigravure. Albin Michel, Paris, 1949. Prix : 450 francs.

Cette contribution très substantielle à l'histoire et à la philosophie de la physique vient opportunément suppléer à l'absence de travail d'ensemble retraçant, en électromagnétisme, la succession des découvertes expérimentales et des progrès théoriques.

Dans une première partie (200 p. environ) est retracée l'évolution des idées sur l'électricité et le magnétisme depuis l'Antiquité jusqu'à l'époque actuelle. Ce tableau est particulièrement détaillé pour le dernier demi-siècle, et évoque avec réalisme les luttes qui ont permis de prendre pied dans la physique des atomes, des électrons et de leurs champs; les efforts qui nous les font dominer alors que notre imagination, livrée à elle-même, ne s'en fait qu'une idée très lointaine ; ce que montrent les conquêtes récentes, parfois redoutables, de la chimie nucléaire.

L'Œuvre scientifique de Coulomb et le magnétisme depuis cinquante ans font l'objet de la seconde et de la troisième parties, tandis que la quatrième traite des rapports entre la physique actuelle et la philosophie. Enfin, les dernières pages, après avoir examiné certaines périodes de révolution scientifique (Renaissance, XVIII[e] siècle) mettent l'accent sur les rapports entre Science et Société. Elles précisent la mission des savants, si lourde de responsabilités. Elles donnent des raisons d'avoir foi, malgré tout, en l'avenir.

G. BOULIGAND.

Emile BOREL, membre de l'Institut. — Eléments de la théorie des ensembles. Un vol. 14 × 19, de 320 p. avec fig. Albin Michel, Paris, 1949. Prix : 720 francs.

En se bornant aux parties de la théorie des ensembles, maintenant devenues classiques, l'Auteur se propose de les intégrer dans la culture générale, comme il l'a déjà fait pour les éléments de l'Algèbre et de l'Analyse. Il leur consacre donc un exposé fort attrayant, lequel vient enrichir l'excellente collection qu'il a fondée sous le nom :

Bibliothèque d'Education par la Science.

Après un coup d'œil donné aux ensembles dénombrables et à ceux détenant la puissance du continu, il est montré comment les notions gravitant autour de l'idée de probabilité fournissent un guide à l'activité ensembliste, spécialement en ce qui concerne la mesure des ensembles. Cette orientation donnée au livre stimulera mathématiciens et philosophes : ces derniers trouveront maint thème captivant dans le dernier chapitre, relatif à l'axiome de choix; ils y apprécieront notamment les formes nuancées de la notion d'existence en mathématiques. Diverses notes apporteront aux spécialistes des sujets de réflexion très variés : probabilités dans les ensembles dénombrables, fractions continues, systèmes de numération à base variable, courbe de Peano, additivité des ensembles de mesure nulle.

L'ensemble constitue la meilleure base pour aborder avec fruit des discussions sur le fondement des mathématiques.

G. BOULIGAND.

E. F. CALDIN. — The power and limits of science. Un vol. 15×23 cartonné de 196 pages. Chapman et Hall, Londres, 1949. Prix : 12 sh. 6 d.

L'auteur apporte d'importants éléments aux discussions sur la science et son rôle dans l'activité humaine, il s'intéresse aux relations entre la science et les diverses formes de la connaissance. Il se trouve ainsi amené à préciser ce qu'il y a d'essentiel dans la méthode scientifique où l'induction occupe la place centrale. Il s'élève contre la tendance à voir dans la science une synthèse pouvant prétendre à un privilège d'exclusivité ; elle ne fait qu'offrir certains moyens en vue d'une prévision rationnelle des phénomènes du monde extérieur ; et à ce point de vue, on peut s'orienter de différentes manières. Une acceptation sans critique des théories a souvent jeté la confusion dans la pensée. La science, qui a sa beauté propre, est un instrument de culture, dont l'influence n'est pas forcément matérialiste. Quelques pages traitent des répercussions sociales de la science et de la responsabilité du savant.

L'ensemble, très varié, est complété par un appendice, relatif à l'argument cosmologique pour l'existence d'une cause première.

G. BOULIGAND.

P. COLOMBANI, G. LEHMANN, J. LOEB, A. POMMELET et F. H. RAYMOND. — Analyse et position actuelle de la question des servomécanismes, tome II ; S.E.D.E.S., Paris, 1949. Prix : 500 francs.

Dans une précédente analyse nous avons signalé l'attrait que présentait la lecture de cette publication. Le second tome qui est aujourd'hui livré au public, ne cède en rien en intérêt à celui qui l'a précédé.

M. G. Lehmann y décrit au premier chapitre les servomécanismes en usage dans les équipements de radar des types les plus divers (radar de guet, radar d'artillerie de D.C.A.) et termine par l'étude de servomécanismes de pointage automatique.

Vient ensuite, par M. Loeb, la description des servomécanismes comportant une liaison radioélectrique ; il étudie plus particulièrement les descriminateurs et les radiosynchromoteurs.

Le troisième chapitre est consacré par M. Colombani, à l'étude des possibilités des servomécanismes dans l'aéronautique moderne et des conditions particulières de leur emploi.

L'ouvrage se termine par l'exposé de M. Pommelet qui s'est attaché à montrer l'intérêt que présente l'emploi des servomécanismes dans la technique navale.

L'ensemble de ces quatre conférences, complétant heureusement les exposés généraux qui ont fait l'objet du premier tome, ne manquera pas de rendre de grands services.

M. PARODI.

COSTA DE BEAUREGARD (O.). — La théorie de la relativité restreinte, avec préface de Louis de Broglie. — Un vol. 14 × 22 de 173 pages, avec figures. — Masson et C[ie], Paris, 1949.

Ce livre, dans la collection de Georges Darmois (ouvrages de mathématiques à l'usage des physiciens), suit d'assez près « **Algèbre et Analyse linéaires** » d'André Lichnerowicz. A son exemple, il atteste l'utilité de ces liaisons qu'on s'applique à multiplier aujourd'hui entre le déductif et l'expérimental. L'attention se porte sur ce dernier, en de nombreuses remarques présentées à l'appui des raisonnements abstraits, pour dégager le véritable esprit des théories relativistes. « Dans cet ordre d'idées, écrit Louis de Broglie, on remarquera notamment les paragraphes consacrés à la mesure de la vitesse de la lumière, aux effets de contraction

relativiste dans les corps en rotation, au problème général de la Dynamique relativiste des systèmes. »

Mais il ne s'agit pas seulement de **commenter** la théorie. L'Auteur, qui en est « un spécialiste tout à fait éminent et original », s'est appliqué à la présenter sous sa forme tensorielle la plus générale, qui en donne aussi, au point de vue **structure,** l'expression la plus fidèle, sans laquelle le sujet ne peut être vraiment compris. Il évite donc, en étudiant l'Univers de Minkowski, de donner aux coupes à temps constant un rôle exclusif. Il est ainsi amené à introduire un appareil mathématique très large, auquel le lecteur est progressivement initié, de manière à tirer le rendement maximum de son effort et, en particulier, à se trouver préparé à la physique quantique (choc de deux particules de grande vitesse). Si l'optique et l'électromagnétisme relativistes ont été approfondis avec beaucoup de soin, on voit que tout l'intérêt de l'Auteur se porte sur la dynamique des systèmes en interaction, prolongée par la transposition minkowskienne de la thermodynamique et de la théorie des gaz parfaits. Les développements récents sur les extensions de la Mécanique des fluides et la Mécanique analytique, développements qui rejoignent la Mécanique ondulatoire, font l'objet d'un dernier chapitre.

Une bibliographie abondante termine ce livre, d'une si haute tenue scientifique.

G. BOULIGAND.

Véra DANTCHAKOFF. — Le sexe, rôle de l'hérédité et des hormones dans sa réalisation. Paris, Presses Universitaires de France, 1949. Un volume 12×18,5 de la collection « La Science vivante », 191 pages, 50 figures, bibliographie. Prix : 480 francs.

Mme V. Dantchakoff dont les travaux sur le déterminisme et l'hérédité du sexe sont universellement connus nous fait part dans ce livre des conclusions qu'elle a tirées de ses dernières expériences.

Le sexe du futur embryon est déterminé dès la fécondation par la formule chromosomique résultant de la fusion des noyaux des gamètes. Chez les Mammifères c'est le père qui impose le sexe au germe. Le cas des individus intersexués a permis avec les cas de changement de sexe de mettre en lumière qu'un désaccord peut s'établir entre le déterminisme génotypique normal d'un germe et son patrimoine cytoplasmique qui assure les « matières premières » pour l'édification des organes sexuels. Un déterminisme sexuel normal doit être secondé d'une synthèse et d'une distribution adéquate et ordonnée des « matières premières ». Or, ces « matières premières sont édifiées dans les germes des deux sexes d'une manière semblable, sous la forme de doubles réserves tissulaires. La gonade sert de couveuse pour les gonocytes, cellules à potentialités évolutives doubles et totales. Les gonocytes possèdent dans chaque sexe un déterminisme chromosomique spécial et sont spécifiques ; alors que leur cytoplasme est fondamentalement semblable dans les deux sexes, ce qui assure à tout gonocyte des doubles potentialités évolutives. Par contre, les tissus somatiques des gonades « matières premières », sont de par leur nature spécifiques et non transmutables, mais ils sont édifiés dans une jeune ébauche gonadique des deux sexes en doubles garnitures, dont l'une sera utilisée et l'autre régressera.

Le sexe hétérogamétique produit précocement une hormone sexuelle, à effets progressifs. Cette hormone (se formant chez le mâle pour les Mammifères, chez la femelle pour les Oiseaux) s'est révélée comme agent inducteur durant l'histogénèse sexuelle embryonnaire, fonction qui complète ses effets, longtemps établis sur les caractères sexuels de l'adulte. En outre cette hormone (la testostérone chez les Mammifères) semble avoir un pouvoir sur l'organisme pendant toute son existence et paraît déployer dans l'organisme à son déclin des effets énergétiques remarquables.

Ainsi ce petit livre expose clairement les données les plus récentes de la physiologie et de la génétique sur les mécanismes de la réalisation du sexe chez le germe et l'embryon.

J. CHAUX.

André DELACHET. — L'analyse mathématique. Un vol 11×18, n° 378, de la collection « Que Sais-je ? ». Presses Universitaires. Paris, 1949. Prix :

Exposé intéressant et bien adapté au cadre choisi. L'évolution de l'analyse mathématique y est retracée depuis son origine, en insistant au maximum sur la période moderne et en brossant un tableau des tendances actuelles. Ni le côté philosophique, ni le côté concret ne sont sacrifiés : le texte se complète par une large bibliographie.

G. BOULIGAND.

Flore du Congo belge et du Ruanda-Urundi préparée par le Comité exécutif de la Flore du Congo belge et le Jardin Botanique de l'Etat. — Spermatophytes. Volume I. Publications de l'Institut National pour l'étude agronomique du Congo belge (I.N.E.A.C.), Bruxelles, 1948, 446 pp.

Le Comité exécutif de la Flore du Congo belge, sachant que « la connaissance de la flore indigène constitue la base de la mise en valeur rationnelle de tout pays dans le domaine agricole et forestier », a établi le plan d'une Flore générale du Congo belge qui comprendra : Flore des Spermatophytes, Flore des Ptéridophytes, Flore des Bryophytes, Flore des Thallophytes. Le volume I se rapporte aux Gymnospermes traitées par W. Robyns et aux Dicotylédones : Casuarinaceæ (R. Wilczek), Piperaceæ (S. Balle), Hydrostahyaceæ (L. Hauman), Myricaceæ (R. Boutique), Ulmaceæ (L. Hauman), Moraceæ (L. Hauman, J. Lebrun et R. Boutique), Cannabaceæ, Urticaceæ, Podostemaceæ, Proteaceæ (L. Hauman), Olacaceæ, Opiliaceæ, Octoknemaceæ (J. Louis et J. Léonard), Santalaceæ (W. Robyns et A. Lawalrée), Loranthaceæ (S. Balle), Aristolochiaceæ (L. Hauman), Rafflesiaceæ (W. Robyns et R. Boutique), Hydnoraceæ (J. Lebrun), Balanophoraceæ (P. Staner), Polygonaceæ (W. Robyns).

Suivant les conditions fixées pour toute la Flore, on trouve pour chaque espèce : bibliographie, iconographie, synonymie, distribution géographique au Congo belge et aire générale renseignements écologiques, noms vernaculaires et usages. Quelques très belles planches et photos illustrent l'ouvrage qui se termine par un index des noms scientifiques et un index des noms vernaculaires.

S. JOVET-AST.

P. GASTINEL. — Précis de bactériologie médicale. Paris, Masson, 1949. Un volume 17,5×24,5 de la collection de « Précis médicaux », 1.040 pages, 144 figures, index alphabétique. Prix : 2.800 francs.

Dans sa préface l'auteur expose les grandes idées directrices selon lesquelles il a rédigé ce précis : « Plusieurs buts s'imposaient à nous : sans doute s'agissait-il d'abord de mettre entre les mains des étudiants un livre où ils puissent trouver l'exposé des problèmes intéressant au premier chef toute la pathologie infectieuse. Mais il fallait aussi songer à cet enseignement qui se poursuit dans les Facultés en vue du diplôme d'Université, consacrant des connaissances réelles qui permettent d'aborder la recherche scientifique et ouvrent également la voie des laboratoires d'analyse.

« Enfin il convenait qu'un ouvrage fut à la disposition de tous ceux qui veulent s'initier sur le plan biologique à la microbiologie médicale.

« Les étudiants de la scolarité, aidés par le cours magistral, par les travaux pratiques, sauront vite départager dans ce livre ce qui appartient à leur programme d'examen et ce qui répond à l'enseignement complémentaire. Au surplus, l'emploi d'un petit texte facilitera cette discrimination.

« Une première partie est consacrée à des éléments introductifs de bactériologie générale et d'immunologie. Nous nous sommes efforcés de faire la synthèse de grandes notions indispensables à connaître non seulement pour le futur chercheur, mais aussi pour tout médecin qui veut posséder une culture biologique.

« La deuxième partie est réservée à des principes de technique générale et à l'examen de produits pathologiques. Certes, il existe d'excellents ouvrages de technique; aussi nous sommes-nous bornés aux grandes lignes d'une pratique que seul peut posséder celui qui s'astreint longuement aux difficultés de la manipulation sous tous ses aspects.

« Viennent ensuite, dans des parties différentes de l'ouvrage l'étude des microbes pathogènes pour l'homme, l'étude de certains parasites appartenant aussi bien à la bactériologie qu'à la parasitologie, celle des spirochétales, des rickettsia, enfin des ultra-virus.

« L'esprit dans lequel ce livre a été rédigé doit être précisé. Nous n'avons pas oublié que nous écrivions essentiellement pour des médecins et des hygiénistes. Outre l'étude bactériologique proprement dite des caractères d'un germe, nous avons voulu insister sur les propriétés qui ont un rôle dans le déterminisme morbide, commandant le physio-pathologie de l'infection provoquée, règlent enfin les moyens à mettre en œuvre pour établir un diagnostic par des procédés directs ou indirects. »

D'une parfaite présentation, ce livre est un précieux instrument de travail mis à la disposition du lecteur.

J. CHAUX.

GOURSAT (Edouard). — Cours d'analyse mathématique (T. II, théorie des fonctions analytiques, équations différentielles, équations aux dérivées partielles du premier ordre). — Septième édition, revue et augmentée par Jean Favard, Professeur à la Faculté des Sciences de Paris. — Un vol. 16 × 24 de 686 p. Gauthier-Villars, Paris, 1949. Prix : 3.000 francs.

Ce beau volume, où sont exposées quelques-unes des parties les plus essentielles de l'Analyse, avait été déjà très enrichi par son illustre Auteur au cours des éditions successives. Dans l'Avertissement de la septième édition, M. Jean Favard écrit modestement : « J'ai dû me contenter de faire quelques retouches dans l'exposé et quelques additions faciles de développement court. ».

En réalité, ces retouches, ces additions discrètes, ont été faites en conciliant l'opportunité de respecter les grandes lignes de l'ouvrage avec celle de le replacer dans la pensée mathématique contemporaine. La chose est manifeste dès le début du livre, lorsque intervient la définition des nombres complexes. Elle se confirme en maintes occasions : j'en citerai comme exemple la refonte presque totale du chapitre sur le prolongement analytique, avec des données déjà très précises sur les surfaces de Riemann et, aussi bien, les compléments apportés à la théorie élémentaire des équations différentielles, en ce qui concerne notamment, dans le cas général de $y' = F(x, y)$, l'intégrale inférieure et l'intégrale supérieure issue d'un point.

Ainsi aménagé, le « Goursat » continuera pour un temps appréciable à donner aux jeunes mathématiciens une base excellente, et à transmettre le renom de la France à l'étranger.

G. BOULIGAND.

HENDRICKX (F. L.). — Sylloge Fungorum Congensium. Catalogue des Champignons signalés au Congo belge et au Ruanda-Urundi. — Publications de l'Institut National pour l'étude agronomique du Congo belge; sér. scientif., n° 35, 1948, 216 pp.

Le seul travail énumérant les Champignons du Congo belge, celui de Beeli, datait de 1923. De nombreuses recherches ont été effectuées depuis cette date dans les divers domaines de la Mycologie, notamment sur les parasites des plantes, les mycoses humaines et animales. Une synthèse de ces connaissances devenait nécessaire. F. L. Hendrickx a donc entrepris d'énumérer tous les éléments connus de la flore mycologique du Congo belge, soit 1.193 espèces et 104 variétés ou formes biologiques, réparties en 338 genres et 57 familles. Il adopte, pour les Eumycètes, l'ordre systématique du « Genera of Fungi » de Clements et Shear (1re édit.) et, pour la classification des Myxomycètes, s'inspire du travail de Lister, « A monograph of the Mycetozoa ». Dans chaque famille, il énumère les genres puis les espèces par ordre alphabétique. Pour chaque espèce, on trouvera : référence à la diagnose, référence au « Sylloge Fungorum » de Saccardo, synonymie, localité, hôte ou substrat, nom du collecteur, numéro et date de la récolte. Noter : un genre nouveau **Telligia** (anagramme de **Gilletia**) et 16 combinaisons nouvelles dont la liste est donnée au début de l'ouvrage. Les genres traditionnels de Polyporacées sont maintenus. Un index des noms vernaculaires et une importante bibliographie rendront de réels services aux collecteurs et chercheurs spécialisés.

S. JOVET-AST.

MATISSE (Georges). — Le Rameau Vivant du Monde (Tome II). Philosophie biologique. — Bibliothèque de philosophie contemporaine. (Les Presses Universitaires de France, édit.)

Suite au « Déchiffrement des faits », ce livre complète encore la documentation considérable apportée par l'Auteur qui montre ici quelques-uns des aspects caractéristiques des lois biologiques. Il rappelle brièvement l'insuffisance de la logique classique dans la physique moderne et demande qu'en biologie soient aussi introduits des postulats novateurs tels ceux de la physique corpusculaire. Quoique non explicités on évoque des principes tels ceux d'exclusion de Paoli, d'incertitude, etc. Un gros chapitre aborde le postulat de Clausius. Reprenant l'historique, discutant pied à pied les énoncés du deuxième principe, l'Auteur montre que l'anisotropie et l'organisation biologique fausse le mécanisme irréversible de l'entropie. L'énoncé (Perrin-Langevin) généralisant la notion d'irréversibilité avec abandon de l'augmentation inéluctable de l'entropie est beaucoup plus large et paraît s'appliquer sans restriction aux êtres vivants : à côté de la « sénescence », phénomène général à tous les systèmes animés ou non, il y a place dans des systèmes orientés (particules ou êtres vivants) pour les « réjuvénescences » avec diminution de l'entropie. Nous nous demandons pourtant si l'application du deuxième principe à des individus (corpuscules ou êtres) n'introduit pas un faux problème philosophique comme application d'une notion statistique à des cas particuliers individuels? L'Auteur étudie la sensibilité des êtres vivants, puis de l'homme, s'appuyant notamment sur ses recherches sur des cerveaux d'hommes illustres. Il en vient à préciser sa philosophie, le **positivisme idéaliste** : les phénomènes doivent être décrits dans l'espace-temps; considérer statiquement les objets en les séparant de leur évolution dans le temps est fallacieux. La pensée est un phénomène qui peut réagir sur d'autres; l'isoler arbitrairement du cerveau dont elle fait partie intégrante mène à la dépouiller de son attribut d'existence d'où une série de fausses positions de Bergson, dont l'Auteur fait une critique serrée, mettant en évidence le caractère plus poétique que scientifique de son « épopée métaphysique ». Ce livre, ne serait-ce que par les problèmes soulevés, présente un intérêt considérable et mériterait un ample débat sur les terrains physique, biologique, médical et psychologique. La place nous manquant, ne relèverons-nous que l'importance biologique de la notion de surface. La physique orientée à deux dimensions qui surgit des travaux récents avec ses lois qualitatives et quantitatives spéciales serait une source d'exemples d'inanimé orienté avec lois physicomoléculaires proches de la vie qui auraient pu être plus largement exploitée par l'Auteur. En résumé, livre exposant une doctrine cohérente, union de positivisme et d'un certain idéalisme très différente des doctrines matérialistes et beaucoup plus près de la biologie, qu'elle devrait faire progresser activement lorsque cette philosophie sera assimilée.

M. CARA.

MIMEUR (J. M.). — Contribution à l'étude des Zoocécidies du Maroc. — Encyclopédie entomologique. T. XXIV, 1949; 259 pp., 287 fig., 1 carte hors texte. P. Lechevalier, édit. Paris. Prix : 1.200 francs.

Cet ouvrage est le résultat de recherches étendues et d'études très soigneuses poursuivies pendant plus de dix ans

par l'Auteur sur des matériaux provenant de toutes les régions du Maroc. Les cécidies de ce vaste pays aux aspects si divers n'avaient jusqu'ici fait l'objet que d'études fragmentaires. L'ouvrage de J. M. Mimeur vient donc combler une lacune importante dans la connaissance de la faune marocaine.

Le travail est divisé en deux parties, dont la première et la plus importante est consacrée à l'étude descriptive des cécidies et des Cécidozoaires. Cette étude a nécessité dans bien des cas des élevages prolongés; à leur occasion, J. M. Mimeur a recueilli de nombreuses observations biologiques, exposées de façon concise à propos de chaque parasite cécidogène décrit. L'ordre zoologique a été adopté dans cette première partie, et conduit à passer en revue depuis les Nématodes radicicoles jusqu'aux Insectes supérieurs un grand nombre de Cécidozoaires. Au total, 434 zoocécidies sont décrites, dont 392 provoquées par des Arthropodes; encore ce nombre est-il — de l'avis de l'Auteur — incomplet et s'augmentera dans l'avenir. Parmi les Insectes cécidogènes, les plus nombreux sont les Homoptères, et particulièrement les Pucerons. Ces derniers, dans les régions élevées du Maroc, présentent un cycle complet comme dans les pays tempérés froids; au contraire, sur le littoral, ils tendent à se comporter comme en zone tropicale en présentant une parthénogénèse continue.

La seconde partie, plus brève mais non moins intéressante, est entièrement originale. Elle est consacrée à l'étude de Cécidies nouvelles ou particulières, étude envisagée uniquement sous l'aspect botanique. Après une soigneuse description des altérations morphologiques et histologiques provoquées par la présence de différents parasites cécidogènes, l'Auteur apporte d'utiles précisions sur le mécanisme des déformations (enroulement, gaufrage, plissement, etc.) subies par les divers organes des plantes attaquées. De nombreux facteurs tels que l'âge et la proportion des parasites, l'âge de l'organe attaqué, les facteurs édaphiques et climatiques, modifient la cécidogenèse.

Prématurément disparu, J. M. Mimeur n'a pu mettre lui-même la dernière main à son ouvrage. Sa fille et le Professeur Vayssière s'en sont chargés avec un soin pieux; aidés par les éditeurs, ils ont donné à ce livre une présentation remarquable, que vient rehausser une illustration abondante et très claire.

J. CARAYON.

Jean-Louis PELLETIER. — L'âge des mathématiques. Un vol. 13×19 de la collection « Science et Humanité ». Calmann-Lévy. Paris, 1949. Prix : 600 francs.

Présentation très attachante faite dans un esprit à la fois élémentaire et précis, des principales notions mathématiques groupées autour des rubriques : « Le nombre et la mesure », « La connaissance des formes et la géométrie », « La fonction », « Les probabilités » L'auteur donne un tableau vivant de l'activité qui a permis de dégager des idées centrales, d'abord au cours de la période grecque, puis dans les œuvres modernes ou plus récentes encore : fruits des efforts d'hommes qui ont travaillé « pour répondre à une question précise que posait la recherche expérimentale ou la curiosité intellectuelle de leur temps ». Cet ouvrage, que les initiés liront avec plaisir, semble devoir intéresser un public très large; il y fera même quelques vrais disciples.

G. BOULIGAND.

PONSE (Kitty), Professeur extraordinaire à l'Université de Genève. — **La différenciation du sexe et l'intersexualité chez les Vertébrés.** — Lausanne, 1949, Librairie de l'Université F. Rouge. Un volume 16 × 24 de 344 pages, avec 170 figures, index des figures, index des noms d'auteurs. Bibliographie.

Ce livre s'adresse à des biologistes déjà avertis, des chercheurs déjà initiés, car sa lecture suppose une base de génétique et d'endocrinologie. L'Auteur traite de la différenciation sexuelle tant du point de vue génétique que du point de vue endocrinologique. Sa parfaite maîtrise dans ces deux domaines lui permet d'avancer des hypothèses de travail et aussi de faire un bilan raisonné de nos connaissances en y incorporant les travaux les plus récents. Cette attitude, loin de paraître négative, doit au contraire agir comme stimulant vis-à-vis des jeunes chercheurs qui ont souvent besoin de se voir poser des problèmes bien « centrés ».

Le simple énoncé des têtes de chapitres permet de se faire une idée précise des questions traitées :

— Le déterminisme héréditaire du sexe.
— Preuves génétiques de la digamétie d'un sexe.
— Bipotentialité génétique et localisation des facteurs de sexualité dans les hétérochromosomes et les autosomes.
— Bipotentialité sexuelle et développement de la gonade.
— Hermaphrodisme et races indifférenciées.
— Le déterminisme épigénétique du sexe.
— Les progonades.
— Action des facteurs métaboliques.
— Equipotentialité sexuelle du soma et action morphogène des hormones génitales.
— Les hormones embryonnaires. - I. Le Free-Martin.
— Les hormones embryonnaires. - II. La parabiose embryonnaire et la greffe d'ébauches présomptives.
— Actions des hormones d'organismes adultes.

Pour les non-spécialistes, il est tellement difficile de se tenir au courant des progrès de sciences en pleine évolution que le livre de Mme Ponse sera accueilli avec gratitude par les biologistes travaillant dans des disciplines voisines.

Nous tenons aussi à féliciter l'éditeur, qui nous offre un livre d'une réalisation absolument impeccable et imprimé sur un papier à la qualité duquel nous n'étions plus habitués.

J. CHAUX.

SIRE (M.). — L'étang, sa flore, sa faune. (Etude dirigée et documentée d'un milieu naturel). — Editions de Pédagogie active et de Documentation, 5, place Saint-Christoly, Bordeaux. Un volume de 185 pages, 166 figures, index alphabétique, bibliographie. Prix : 760 francs.

Ce livre, destiné aussi bien à des étudiants qu'à des lycéens, cherche avant tout à initier le lecteur à l'étude d'un milieu naturel. Rompant avec la forme habituelle de ce genre d'ouvrage, l'Auteur fait jouer un rôle actif au lecteur, et dans la disposition matérielle de ce livre il a été prévu des « blancs » pour que les observations personnelles puissent y être consignées à leur place. Cette constante collaboration de l'auteur et du lecteur est des plus profitables et pourra amener à la rédaction de monographies locales dont l'intérêt est loin d'être négligeable.

La littérature concernant l'hydrobiologie comprend de très nombreux ouvrages et traités souvent en anglais et en allemand, trop volumineux et trop spécialisés pour le débutant qui est facilement rebuté dès le début par la terminologie. M. Sire comble cette lacune et nous souhaitons que son ouvrage suscite de nombreuses vocations d'hydrobiologiste parmi ses lecteurs qui, nous n'en doutons pas, seront nombreux.

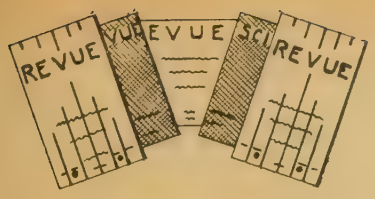
J. CHAUX.

A. SOUSA TORRES et J. M. PIRES SOARES. — Formaçôes sedimentares do Arquipelago de Cabo Verde. — Memorias Minist. Colonias, 1946, 1 vol. in-8°, 397 pages, 11 tableaux, 12 cartes, 35 planches.

Le tome III des Mémoires Géologiques du Ministère des Colonies de la République portugaise est consacré à l'étude des formations sédimentaires de l'archipel du Cap Vert.

Ce très bel ouvrage débute par un historique et une bibliographie complète de l'archipel (de 1457 à 1946, pp. 36-114), puis une bonne introduction à la géographie (topographie, météorologie, faune, flore, sols). L'essentiel du volume comporte 11 chapitres consacrés à l'étude géologique des onze îles de l'archipel. Ici, les auteurs ont tout particulièrement étudié les roches sédimentaires miocènes qui contiennent des organismes, Lithothamniées et Foraminifères. Il y a entre autres plusieurs espèces d'Amphistogènes. D'excellentes photographies de lames minces permettent de

(*Suite page* 279).



les revues

1° SCIENCES MATHEMATIQUES

BULLETIN DES SCIENCES MATHEMATIQUES, 2e série, tome LXXIII, mars-avril 1949. — **J. Nordon** : Sur diverses équations différentielles liées aux fonctions de Lord Kelvin. — **S. Doss** : Sur la moyenne d'un élément aléatoire dans un espace distancié.

BULLETIN DE LA SOCIETE MATHEMATIQUE DE FRANCE. Tome LXXVII, fasc. I-IV, 1949. — **R. Campbell** : Sur une expression remarquable des solutions de période $2k\pi$ de l'équation de Mathieu associée. — **J. Dixmier** : Etude sur les variétés et les opérateurs de Julia, avec quelques applications. — **V. Lalan** : Les formes minima des surfaces d'Ossian Bonnet. — **I. Fary** : Sur la courbure totale d'une courbe gauche faisant un nœud. — **B. Gambier** : Sur le tétraèdre dont certaines bihauteurs se rencontrent. - II. — **P. Casal** : Etude des champs de vecteurs aléatoires, appliquée à la cinématique des fluides turbulents.

JOURNAL DE MATHEMATIQUES PURES ET APPLIQUEES, tome 28, fasc. II, juillet-septembre 1949. — **J. Leray** : Fluides compressibles. Application à l'aile portante d'envergure infinie de la méthode approchée de Tchapliguine.

LES LIVRES (suite)

reconnaître les différentes espèces. L'âge des couches à Foraminifères est bien précisé : Vindobonien.

La dernière partie est consacrée à la Paléogéographie et aux relations des îles et des continents.

R. FURON.

SYNTHESES ORGANIQUES. — Volume II. Edition d'ensemble revisée des volumes X à XIX. Traduction française de **Marey (R.)** et **Thomas (G.)**, publiée sous la direction de **Colonge (J.)**. Un volume de XIII-566 pages de 18 × 27. Edit. : Masson et Cie, Paris, 1948. Prix, broché : 2.400 francs.

Il n'est pas inutile de redire, une fois de plus, les mérites d'« Organic Syntheses », ouvrage actuellement classique, absolument indispensable à tout chimiste organicien pour lequel il constitue un guide sûr et précis, unique en son genre.

Le « Collective Volume 2 », traduit par MM. Marey et Thomas, ingénieurs chimistes attachés aux Laboratoires de Recherches des Etablissements Descollonges frères, et publié sous la direction de M. Colonge, chargé de cours à la Faculté de Sciences de Lyon, contient, sous une forme revisée, le sujet des volumes annuels 10 à 19 d'« Organics Syntheses ». Il constitue donc une suite et un complément du « Collective Volume », dont il possède le plan général. Chaque préparation comporte, successivement, l'équation de la réaction, le mode opératoire, les notes ou remarques d'ordre essentiellement pratique, les méthodes de préparation qui ont été proposées, avec les références exactes. Elle a été étudiée avec le plus grand soin, d'abord dans certains laboratoires déterminés, puis contrôlée (checked) dans d'autres laboratoires. Les moindres détails sont indiqués, de telle sorte que tout aide-chimiste, même peu familiarisé avec la chimie organique, peut facilement reproduire les préparations décrites.

Les préparations ont été groupées suivant l'ordre alphabétique employé dans les volumes annuels. Cependant, deux autres modes de classement ont été introduits dans les tables : l'un est une table des « Types de Réaction » (hydrogénation, oxydation, déshydratation, hydrolyse, halogénation, etc.), l'autre est une table des « Types de Fonction » (alcools, aldéhydes, cétones, acides, etc.). Il existe, en outre, deux « tables générales des matières », la première (début du volume) comprenant les titres des chapitres, la deuxième (fin du volume) tous les corps mentionnés dans le livre.

Les éditeurs n'ont rien négligé pour que la présentation de ce deuxième volume reste impeccable. Il y a lieu de leur exprimer les remerciements des chimistes de langue latine.

E. CATTELAIN.

TIMOSHENKO (S.). — **Résistance des matériaux. Deuxième partie. Théorie développée et problèmes.** — Traduit de l'anglais sur la deuxième édition par Ch. Laffitte. Un vol. XVI-464 p., relié. Paris, 1949. Librairie Polytechnique Ch. Béranger, édit. Prix : 2.800 francs.

Cet ouvrage, destiné principalement aux ingénieurs et aux techniciens, expose sur de très nombreux cas concrets, les principales applications de la résistance des matériaux et de la théorie de l'élasticité. Le premier chapitre traite des problèmes posés par la flexion des poutres : poutres reposant sur des fondations élastiques, mâts et haubans, théorie de la représentation des déformées par des séries trigonométriques, combinaisons de charges directes et transversales combinées, déformations des ailes minces. Le second chapitre examine les applications de la théorie des barres courbes et notamment analyse les répartitions des contraintes dans les crochets, les volants, les maillons de chaînes, les segments de pistons, les canalisations courbes, etc. Le troisième chapitre étudie la théorie de la flexion des plaques minces et des coques : plaques rectangulaires et circulaires, coques minces, contraintes thermiques. Le quatrième chapitre discute les conditions du flambage des barres, plaques et coques et des éléments en formes de solides de révolution chargés symétriquement tandis que le chapitre V examine la théorie du flambage latéral des membrures comprimées et des tôles minces consécutif à une instabilité élastique. Le chapitre VI traite de la torsion des arbres, des profilés, des membrures tubulaires, du flambage de torsion des membrures à parois minces comprimées, de la théorie du ressort hélicoïdal à spires lâches. Le chapitre VII examine les conditions et les conséquences de la concentration des contraintes due aux entailles et aux trous et l'application de la méthode photoélastique à la mesure des contraintes. Le chapitre VIII étudie les déformations plastiques, flexion et torsion des poutres et des arbres au delà de la limite élastique, écoulement plastique du matériau des cylindres à parois épaisses soumis à des pressions élevées. Le dernier chapitre traite des propriétés mécaniques des matériaux : essais de traction et de compression, raidissement plastique, rupture et fatigue des métaux, propriétés mécaniques des matériaux aux hautes températures, théories diverses de résistance des matériaux, contraintes d'utilisation.

G. PETIAU.

2° SCIENCES PHYSIQUES

INDIAN JOURNAL OF PHYSICS AND PROCEEDINGS OF THE INDIAN ASSOCIATION FOR THE CULTIVATION OF SCIENCE. T. 23, n° 2 et T. 32, n° 2, février 1949. — **S. Biswas** : Sur la relation de Geiger-Nuttall. — **B. B. Ghosh** : Sur la propagation des ondes supersoniques dans les liquides et les solutions. — **A. N. Bhattacharyya** : Système d'atterrissage aveugle à micro-ondes pour aéronefs. — **H. P. Bhattacharyya et S. B. Deb** : Etude d'un moteur Schrage à commutateur shunt à trois phases.

T. 23, n° 2 et T. 23, n° 3, mars 1949. — **S. Biswas** et **A. P. Patro** : Section efficace de fission de l'uranium 235. — **G. S. Kastha** : Sur la fluorescence de la dipropyl cétone normale solide. — **H. K. Pal** : Absorption des rayons X hétérogènes diffusés. — **S. K. Chatterjee et B. V. Sreekantan** : Temps de transit électronique dans une oscillation à grille négative. — **A. K. Dutta et B. C. Roy Chowdhury**: Etudes magnétiques sur des cristaux simples de tungsténites (WS_2).

JOURNAL DE CHIMIE-PHYSIQUE. Tome XLVI, n°s 9-10, septembre-octobre 1949. — **F. London** : Sur le mécanisme quantique à l'échelle macroscopique. — **M. Bonnemay** : Contribution à l'étude des courbes énergie potentielle-distance des complexes électrodes-ions. — **M. Bonnemay et R. Busso** : Surtension de l'hydrogène sur l'électrode de platine platiné. — **M. Bonnemay et A. Finkelstein** : Etude expérimentale des potentiels de jonction de température. — **M. Bonnemay, P. Daudel et B. Boscardin** : Utilisation des isotopes radioactifs dans l'étude d'un mécanisme d'une réaction chimique : Action de l'anhydride sulfurique sur le bichlorure de soufre. — **J. Guy** : Les effets de l'encombrement stérique sur la conjugaison des doubles liaisons des molécules organiques. — **M. Haissinsky et M. Cottin** : Echanges entre les métaux et leurs ions en solution. — **Mme F. Roth et M. P. Lévêque** : Polarographie différentielle avec électrode gouttante unique. — **M. Péroy** : Nouvelle méthode de fractionnement des terres rares actinifères.

JOURNAL DE PHYSIQUE ET LE RADIUM, tome X, n° 10, octobre 1949. — **P. Langevin** : Sur un analyseur de mobilité pour les ions gazeux. III. Application des solutions des problèmes traités à l'étude du champ électrostatique entre une grille et des plateaux. — **G. Petiau** : Sur les équations d'ondes des corpuscules de spin $h/4\pi$ et leurs solutions dans les champs nucléaires généraux. — **P. Billaud** : Etude théorique des impulsions de tension issues des chambres d'ionisation. — **A. Colombani** : Etude de la résistance en haute fréquence d'un enroulement à fil divisé. — **J. Clouaire** : Tentative d'expression du phénomène de traction, pour un polymère élastique cristallisable. — **M. Draganu** : Sur la correction relativiste dans quelques problèmes de diffusion.

JOURNAL DE PHYSIQUE ET LE RADIUM. Tome X, n° 11, novembre 1949. — **L. Vigneron** : Reconstitution précise dans l'espace des phénomènes observés dans les plaques photographiques pour recherches nucléaires. Détermination précise du facteur de multiplication des cotes verticales. — **A. Coche, Mme H. Faraggi, P. Avignon et H. Haissinsky** : Potentiel électrochimique et répartition du polonium sur les électrodes. — **M. Fabre de la Ripelle** : Etude sur les coefficients spécifiques d'ionisation. — **A. Ivanoff** : Au sujet des propriétés optiques du cristallin. — **T. Kahan et G. Eckart** : La fonction de Green des ondes électromagnétiques dans un demi-espace à discontinuité plane. — **M. Draganu** : Sur un système d'équations intégro-différentielles régissant les phénomènes non stationnaires dans les électrolytes. — **M. Parodi** : Contribution à l'étude de la stabilité.

3° SCIENCES BIOLOGIQUES ET NATURELLES

ANNALES DE GEOGRAPHIE, n° 310, avril-juin 1949. — **A. Guilcher** : La surface posthercynienne dans l'Europe occidentale. — **A. M. Chabaud** : Bocage et plaine dans l'Ouest de la France. — **Ph. Antoine** : L'industrie de la pierre précieuse dans le Jura. — **V. Tanner** : Vinland. Les plus anciens rapports de l'homme blanc et du nouveau monde.

BULLETIN DE L'ASSOCIATION DES DIPLOMES DE MICROBIOLOGIE de la Faculté de Pharmacie de Nancy, n° 36, juillet 1949 (3e trimestre). — **H. Penau et H. Velu:** Les Pénicillines retard. Concentrations sanguines et posologie. — **J. Marcon** : Techniques de Laboratoire : 1. La Gourme; 2. Diagnostic au laboratoire d'un lait de mammite streptococcique.

BULLETIN DE L'INSTITUT AGRONOMIQUE DE GEMBLOUX, tome XVI, n°s 1-4, 1947. — **Rouir, E. V.** : Considérations sur le dosage de la Vitamine A et du Carotène dans les milieux complexes au moyen du Trichlorure d'Antimoine. — **Marcq J., Hennaux L. et Dimitropoulos E.** : Considérations sur la morphologie des spermatozoïdes « chez le taureau ». — **Marcq J. et Rouir E.** : Contribution à l'étude du pouvoir vitaminique A du lait en relation avec la teneur en carotène de la ration chez la vache laitière. — **Parmentier G.** : Le Rougeau de la Vigne. — **Vanderwalle R.** : Observations et Recherches effectuées à la Station de Phytopathologie de l'Etat pendant l'année 1946. — **Demortier G.** : Observations météorologiques de l'année 1946.

LE NATURALISTE CANADIEN. Vol. LXXVI, n°s 8-10, août-octobre 1949. — **M. Raymond** : Le Claytonia Virginica L. dans le Québec. — **R. Bureau** : Le Musée de minéralogie et de géologie de l'Université Laval. — **Frère Fabius** : Additions à la bryoflore du Québec. — **Père C. Le Gallo** : Pierre Allorge. — **Frère Irénée-Marie** : Quelques Desmidiées du lac Mistassini.

LA REVUE D'OKA, vol. XXIII, n° 4, juillet-août 1949. — **R. Riel** : Influence des bactéries lactiques sur la teneur en riboflavine du lait (III). — **P. L.S. Marie:** Quelques cas de tératologie animale. — **Cl. Levac** : La culture de la menthe.

4° ART DE L'INGENIEUR

ANNALES GUEBHARD-SEVERINE. 21e année, 1945. — **Ch. Sadron** : Aperçu sur la science des macromolécules. — **H. Guimiot** : Une conception énergétique de l'hydrostatique. — **E. Guyot** : Le quartz piézoélectrique et la conservation de l'heure.

BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE. N° 19, 10 sept. 1949. — **H. Favre** : Sur un type de plaque circulaire encastrée d'épaisseur linéairement variable. — **A. Ansermet** : L'aérotopographie moderne et ses applications. **F. Goded** : Un aspect du problème de la granulation des bétons.

N° 20, 24 sept. 1949. — **P. Mercier et J. Perret** : Station d'aération du lac de Bret.

N° 21, 8 octobre 1949. — **M. Ros et A. Eichinger** : Sollicitation et danger de rupture des corps solides.

N° 22, 22 octobre 1949. — **M. Ros et A. Eichinger** : Sollicitation et danger de rupture des corps solides (suite et fin). La situation des ingénieurs.

BULLETIN TECHNIQUE DU VERITAS. N° 9, sept. 1949. — **J. Barrington Stiles** : Les applicationos de la métallisation à la construction navale. — **L. C. Burrill** : Derniers perfectionnements en matière d'hélices reversibles.

N° 10 octobre 1949. — **L. Maillard** : Le Ve Congrès international des directeurs de bassins d'essais des carènes. — **J. Barrington Stiles** : Les applications de la métallisation à la construction navale. — **L. C. Burillo** : Derniers perfectionnements en matière d'hélices réversibles. — **S. Giuffrida** : Nouveaux graphiques pour le calcul rapide des hélices marines.

BULLETIN TECHNIQUE DU VERITAS. N° 11, novembre 1949. — **R. Martin** : Notes sur la fabrication et l'évolution d'un cylindre de moteur d'avion moderne. — **M. Hedde** : Au sujet de la métallisation. Conditionnement d'air sur les quatre « aces » des export lines. — **A. O. Loomis et K. F. Potter** : Treuils électriques de pont à courant triphasé.

ELECTRICAL ENGINEERINGS. T. 68, n° 7, juillet 1949. — **W. R. Le Page** : Nomenclature symbolique pour les sinusoïdes. — **L. C. Packer** : Rotors pour moteurs à induction. — **W. W. Macalpine** : Le chauffage des câbles de radiofréquence. — **J. C. McKeon et G. Kleis** : Le perfectionnement professionnel de l'ingénieur dans l'industrie. — **G. T. Bevan** : L'application des locomotives Diesel électriques. — **H. L. Beckwith, C. M. F. Peterson, P. Moon** : Tendances modernes dans l'éclairage des salles. — **C. E. Hastings** : Mesures de la vitesse de l'air avec une pile thermoélectrique. — **W. P. Boothroyd, E. M. Creames Jr.** : Un système multiplex de division du temps. — **L. T. Rosenberg** : La variation du voltage dans les générateurs de courant alternatif. — **W. J. Kessler** : Largeurs effectives de bande et de circuit. — **H. M. Wolfson** : Un programme de contrôle. — **C. A. Atwell, C. E. Boston** : Equipement pour les locomotives à turbines électriques. — **H. F. Storm** : Réacteurs à courant continu avec charge résistante. — **A. H. Candee** : La renaissance de l'énergie électrique dans la traction. — **W. R. Clark, W. R. Turner, A. J. Williams Jr** : Une loi entre le carré de la puissance et la hauteur. — **R. W. Atkinson** : Le mécanisme de la rupture électrique des câbles pour haut voltage. — **W. R. Purcell** : Epargner le temps dans les essais de contrôle. — **C. C. Herskind, A. Schmidt Jr, C. E. Rettig** : Courants défectueux dans les redresseurs. — **L. A. Finzi, L. C. Willard** : Le lien géométrique du couplage synchrone. — **L. W. Cook** : Considérations sur la sécurité pour les couvertures électriques.

ELECTRICAL ENGINEERING. T. 68, n° 8, août 1949. — **C. H. Willis** : L'électronique dans l'enseignement. — **W. R. Johnson** : Les plans d'après guerre pour les transmissions à haut voltage dans la Californie du Nord. — **S. S. Wolff** : Un banc d'essais automatique pour petits moteurs. — **R. W. Sorensen, A. H. Lowell** : L'enregistrement professionnel des ingénieurs. — **R. E. Morgan** : L'Amplistat : Un amplificateur magnétique. — **Wladimir Kosma Zworykin**, Médaille Lamme pour 1948. — **J. S. Bowman** : L'usine de zinc électrolytique

PHILIPS RESEARCH REPORTS. T. 4, n° 3, juin 1949. — **G. Dievnor, K. S. Knol** : Conversion de fréquence par variation de phase. — **A. van der Ziel et K. S. Knol** : Sur le gain de puissance et la largeur de bande d'un étage amplificateur. — **C. J. Bouwkamp** : Sur la longueur effective d'une antenne linéaire. — **H. Bremmer** : Quelques remarques sur la double réfraction ionosphérique. — **J. A. Haringx** : Sur les ressorts hélicoïdaux et les tiges de caoutchouc très compressibles et leur application aux montages antivibrants. — **W. Elnbaas** : Décharges à haute pression dans les gaz rares. — **P. Cornelius** : Propositions et recommandations relatives aux définitions et unités des grandeurs électromagnétiques.

LA RECHERCHE AERONAUTIQUE. N° 11, septembre-octobre 1949. — **P. Germain et R. Bader** : Quelques remarques sur les mouvements vibratoires d'une aile en régime supersonique. — **M. Chevallereau** : Dynamomètre enregistreur. — **J. Bricard** : La transparence de la basse atmosphère. — **F. F. Guoyt** : Etude de circuits à affaiblissement constant donnant des signaux déphasés d'un angle indépendant de la fréquence. — **M. Kobrynski** : Sur une méthode de calcul du spectre de bruit des avions. — **R. Lautie** : Parzchor et constitution moléculaire des carburants. — **J. Dorr** : Influence de l'allongement dans les calculs de flutter; calculs comparatifs sur un empennage circulaire.

5° PERIODIQUES GENERAUX ET DIVERS

ARCHIVES INTERNATIONALES D'HISTOIRE DES SCIENCES. N° 9, octobre 1949. — **A. R. Hall** : William Wotton and the history of Science. — **R. Hooykaas** : Chemical trichotomy before Paracelsus. — **A. Cortesao** : Nautical Science and the Renaissance. — **L. Malleret** : Travaux récents d'ethnologie navale concernant l'Indochine. — **W. Szumowski** : La philosophie de la médecine, son histoire, son essence, sa dénomination et sa définition. — **Y. Mikami** : Mamoru Mimori. A Japonese master of mathematics. — **M. Stephanidès** : Tables chronologiques d'histoire des sciences du XVI^e^ siècle pour ce qui regarde le monde grec.

ENDEAVOUR, volume VIII, n° 31, 1949. — L'alun, source d'énergie. — **W. H. Pearsall** : Le métabolisme azoté dans les plantes. — **H. Chick** : Le Lister Institute of Preventive Medecine. — **W. P. K. Findlay** : Destruction fongique des bois d'œuvre. — **S. G. Hooker** : Le vol aux vitesses supersoniques. — **J. W. Hunkin** : Le jardin de Tresco. — **H. S. Holden** : La science dans la recherche criminelle. — **F. A. Philbrick** : L'instruction scientifique aux Etats-Unis. — **A. R. Miller** : Les solutions de hauts polymères.

EXPERIENTIA. Vol. V, fasc. 9, septembre 1949. — **J. P. Wibaut** : Untersuchungen über den Einfluss non Temperatur und von Katalysatoren bei den Substitution am aromatischen Kern. — **F. Haurowitz** : The internal Structure of Protein Molecules.

EXPERIENTIA. Vol V, fasc. 10, octobre 1949. — **E. Guyot** : Le service de l'heure en Suisse. — **U. d'Ancona** : Ermafroditismo ed intersessualita nei Toleostei. — **W. Braunbek**: Neutronen.

EXPERIENTIA. Vol. V, fasc. 11, novembre 1949. — **R. B. Goldschmidt** : The interpretation of the Triploid Intersexes of Slenobia. — **J. Seiler** : Das Intersexualitätsphänomen.

JOURNAL OF THE FRANKLIN INSTITUTE. T. 247, n° 6, juin 1949. — **J. H. Robins** : L'histoire du Franklin Institute. — **N. T. Thomson** : La flexion des poutres calculée par la méthode opératorielle. — **J. Michelman** : Analyse d'un vernis utilisé par Stradivarius. — **G. H. Cohen** : Etude opérationnelle de l'analyse des circuits non-linéaires. — **A. Court** : La température de réfraction.
T. 248, n° 1, juillet 1949. — **W. A. Williams** : Histoire de la transmission de l'énergie. — **K. J. Dejuhasz** : Analyse graphique de l'impact de barres comprimées au delà du domaine élastique (I.). — **T. de Koning** : Le refroidissement par vaporisation des grandes machines électriques.

JOURNAL OF RESEARCH OF THE NATIONAL BUREAU OF STANDARDS. T. 42, n° 3, mars 1949. — **H. F. Stimson**: L'échelle internationale des températures de 1948. — **R. K. Cook et P. Chrzanowski** : L'absorption du son par des sphères. — **J. E. Kilpatrick, C. W. Beckett, E. J. Prosen, K. S. Pitzer, F. D. Rossini** : Chaleurs, constantes d'équilibres et énergies libres de formation des dioléfines de C_5 à C_8 du styrènes et de méthylstyrènes. — **L. Costrell** : Détermination précise du temps mort et des caractéristiques des compteurs de Geiger-Müller. — **W. H. Johnson, E. J. Prosen, F. D. Rossini** : Chaleurs de combustion et d'isomérisation des six alcoylcyclopentanes en C_7H_{14}. — **R. L. Blaine, H. F. Valis** : Surface accessible à

l'azote dans les ciments de Portland hydratés. — **E. J. Prosen** : Chaleur d'isomérisation de deux butadiènes. — **L. W. Tilton** : Verres d'interféromètres et qualité d'interférence pour l'optique des tunnels de souffleries. — **C. Snow**: Un étalon de petite capacité électrique. — **L. H. Brickwedde**: Propriétés des solutions aqueuses d'acide perchlorique.

T. 42, n° 4, avril 1949. — **G. S. Hattiangi** : Caractérisation de quelques savons commerciaux par diffraction de risation de savons alcalins par microscopie électronique. — rayons X. — **G. S. Hattiangdi et M. Swerdlow** : Caracté- **G. S. Hattiangdi, W. W. Walton, J. I. Hoffman** : Quelques propriétés physiques des solutions aqueuses de savons et de détergents sans savon. — **F. L. Mohler, E. G. Bloom, E. J. Wells, J. H. Lengel, C. E. Wise** : Sprectres d'ions doublement chargés dans la spectrographie de masse des hydrocarbures. — **M. B. Epstein, K. S. Pitzer, F. D. Rossini** : Chaleurs, constantes d'équilibre et énergies libres de formation du cyclopentène et du cyclohexène. — **W. W. Walton et H. S. Isbell** : Préparation du melibionate de calcium. — **J. K. Taylor, R. E. Smith et I. L. Cooter** : courants limites en polarographiques. — **S. Levy, F. C. Smith** : Répartition des tensions autour de trous circulaires renforcés chargés par une broche. — **H. B. Knowles** : Détermination volumétrique du columbium. — **R. Simha** : Effet de la concentration sur la viscocité de solutions diluées.

LA NATURE. N° 3174, octobre 1949. — **Dr J. Malmejac** : Les conditions physiologiques des vols aux grandes altitudes. — **P. Gauroy** : Les Lapons. — **J. Guy** : L'évolution de la notion de valence en chimie moderne. — **J. Boyer** : L'assainissement d'un marais algérien. — **G. Genin** : Une nouvelle pile des appareils pour sourds. — **A. Glory** : La Grotte du Colombier. — **P. Pierson** : Fumées et nuages artificiels. — **R. Merle** : La Limule. — **G. Hudson** : L'oxygène en aciérie.

LA NATURE, n° 3175, novembre 1949. — **P. Rousseau** : La matière dégénérée et l'astronomie. — **P. Hemardinquer** : Enregistrement sonore sur fil et sur ruban. — **L. Dupouy**: La production du plant de pommes de terre. — **J. Thauzies** : Une singulière migratrice: la Bécasse. — **Ch. Broyer**: L'érosion aux Etats-Unis. — **R. Merle** : Les bruits des animaux marins. — **E. Delbos** : La République de Libéria. — **G. Tendron** : La photographie monochromatique en préhistoire. — **A. Willemart** : Charles Friedel (1832-1899).

REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES. 20 octobre 1949. — **A. George** : L'homme devant la science moderne — **P. Teilhard de Chardin** : L'Humanité se meut-elle biologiquement sur elle-même? — **L. de Grève** : Recherches aux très basses températures. — **J. Carles** : Incertitudes biologiques. L'épigenèse va-t-elle refleurir avec Lyssenko.

REVUE TRIMESTRIELLE CANADIENNE. N° 138, été 1949. — **Ch. D. Hérisson** : Stendhal, peintre des mœurs et romancier politique et social. — **A. Leduc** : Modernisation de l'éclairage des rues de la ville de Montréal. — **E. H. Schell** : The Engineer in Industry (Forum). — **J. Poivert** : Les transformées en chaînes. — **A. Ranc** : Le centenaire de la Société de Biologie. — **Marie-Louise Dufrenoy** : Un médecin français à la cour du Grand Mogol au XVII° siècle : François Bernier. — **R. Sudre** : Les progrès de la Biologie.

REVUE TRIMESTRIELLE CANADIENNE. N° 139, automne 1949. — **M. Barbeau** : Les noms les plus anciens sur la carte du Canada. — **B. Szczeniowski** : Study of Efficiency and Thrust of Conventional Turbo-jet Propulsor. — **A. Frappier** : Albert Calmette. Les enseignements de sa vie. — **J. Halperin** : L'Histoire, science de l'homme : Marc Bloch. — **V. Fredette** : Pétroles et bactéries. — **C. F. B. Lemaire** : Les gares de Bruges. — **R. Sudre** : L'étude du Soleil à l'observatoire de Meudon.

SCIENCE ET AVENIR, n° 31, septembre 1949. — **A. Delaunay** : Les Comètes. — **A. Ducrocq** : Du submersible d'hier au sous-marin de demain. — **Dr de la Fuye** : L'acupuncture. — **P. de Saint-Seine** : Comment les plantes et les animaux dispersent leur progéniture à travers le globe. — **A. Ducrocq**: L'eau, cette substance étrange. — **J. Aymard**: Le sea-line.

SCIENCE ET AVENIR, n° 32, octobre 1949. — **A. Setaire** : L'origine des Cétacés. — **Dr D. Starkie** : Les matières plastiques dans l'optique moderne. — **G. Lacoste** : La sécheresse exceptionnelle de l'été 1949. — **A. Delaunay** : Les continents légendaires. — **A. Ducrocq** : Les actions électro-magnétiques des courants. — **P. Lambert** : L'alcool est-il un aliment.

SCIENCES ET AVENIR. N° 27, mai 1949. — **G. S. Ranshaw** : Le miscroscope électronique. — **M. Soldet** : La Science des Monstres. — **A. Delaunay** : Les réserves mondiales d'Uranium. — **G. Lefebvre** : L'évolution de l'univers. — **A. Ducrocq** : L'avion atomique peut-il être réalisé dans l'état actuel de la technique nucléaire.

SCIENCES ET AVENIR. N° 29, juillet 1949. — **Dr C. Prellois**: Les nouvelles opérations du cerveau. — **A. Ducrocq** : Les théories modernes du magnétisme. — **G. Lacoste** : L'équipement du Rhône et la centrale de Donzère-Mondragon — **G. Louviers** : La prévision du temps à longue échéance. — **M. Soldet** : Le mystère des métamorphoses.

SCIENCES ET AVENIR. N° 30, août 1949. — **R. Hubre** : De la perle fine à la culture des perles. — **G. Lefebvre** : Savez-vous comment fonctionne votre frigidaire ? — **M. Soldet** : Les nains et les géants. — **R. Verdun** : L'énergie éolienne est-elle une énergie d'avenir ? — **G. Lacostes** : L'électron dans le vide et le problème du voltage. — **Dr J. Benoist** : Le rein artificiel.

SCIENTIA. T. 84, juin-juillet 1949. — **G. Giorgi** : A propos de récentes controverses sur la relativité einsteinienne. — **B. Gutenberg** : La structure de la terre. — **G. Guében** : Une application importante de la physique nucléaire. La méthode des indicateurs radioactifs. — **A. Zironi** : Senescence et tumeurs. — **P. Diepgen** : Les théories médiévales sur la constitution psycho-physique de la femme, sur son anatomie et sa physiologie spéciales (I^re partie).

SCIENZA E LAVORO. Août 1949, n° 8. — **E. Tortonese** : Le poisson volant. — **L. Pellizzari** : Le chauffage par thermopompe.

SCIENTIA. T. 84, 1949, n°s 7-8. — **A. Palcos** : L'indéterminisme et son rôle dans la science du XIX° et du XX° siècles. — **Z. Klemensiewicz** : Sur une définition générale de l'équilibre et de la stabilité. — **M. Dubuisson** : Biologie moderna. — **P. Diepgen** : Les théories médiévales sur la constitution psycho-physique de la femme, sur son anatomie et sa physiologoie spéciales (II). — **W. C. Allee** : De l'extrapolation en sociologie comparée.

TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES

contenues dans le tome LVI de la R. G. S.

I. — CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

Biologie

CAVIER (R.). — Le nouveau Traité de Zoologie. 149

JOVET (Paul). — Une flore d'esprit nouveau .. 193

JOVET (Paul). — Remarques sur les *Hieracium* d'après les travaux de H. W. Pugsley 97

VESSEREAU (A.). — A propos de la méthodologie des recherches agronomiques 145

Géologie

FURON (R.). — Importance des dépôts sédimentaires précambriens d'origine organique 195

Histoire des Sciences

SERGESCU (P.). — Le bicentenaire de la naissance de Laplace 241

Mathématiques

BOULIGAND (Georges). — L'activité récente en géométrie analytique 149

Médecine

ABÉLY (Dr A.-M. Paul). — Une discipline médicale nouvelle : l'Endocrino-psychiatrie 150

Physique

BOULIGAND (Georges). — Autour de la Microphysique, discussions et commentaires 49

II. — ARTICLES ORIGINAUX

Biologie

DEYSSON (Guy). — Etude pharmacodynamique de la division cellulaire 152

GAGNIEU (A.). — Les chromosomes 252

MONNIER (A.-M.). — Les problèmes visuels du navigateur 74

ROSTAND (Jean). — La Génétique des Batraciens 262

Chimie et Chimie-Physique

GUILLOT (M.). — Sur quelques aspects chimiques de la physique nucléaire 161

GUILLOT (M.). — Sur les conditions d'emploi actuel des radioisotopes dans la recherche chimique et biologique 168

HEUBEL (Joseph). — Application des ultra-sons à la Chimie 65

MORETTE (A.). — La valence dans quelques composés des éléments de la famille de l'azote 225

WILLEMART (A.). — Le cyclooctatétraène, matière première industrielle de l'avenir 120

Géologie

PIRLOT (P.-L.). — Tendances actuelles en Paléontologie des Vertébrés 258

Mathématiques

BOULANGER (Georges-R.). — Vues nouvelles sur la Nomographie 197

RUFFET (J.). — La Figure de la Terre 5

Médecine

ABÉLY (Dr A.-M.-Paul). — Essai d'une conception psycophysiologique des états délirants... 126

MALLARMÉ (J.). — Les examens cytologiques modernes en pathologie sanguine 71

PETIT (Dr Pierre-F.). — De la réanimation en chirurgie 268

SUREAU (Bernard) et JUNOD (Charles). — Les Médications retard 24

Nécrologie

***. — A. Boutaric (1885-1949) 53

Physique

FLAHAUT (Jean). — La susceptibilité magnétique dans l'étude des structures électroniques.. 213

GUY (Jean). — Applications de la mécanique ondulatoire à l'étude des propriétés de l'électron, des valences et de la structure des molécules organiques 103

LEVASSEUR (Albert). — Le *p*H « pondéré » 101

MEVEL (Jean). — Le domaine spectral entre l'infra-rouge et les ondes ultra-hertziennes .. 11

SUTRA (Geneviève). — Résultats récents concernant la constitution des ions électrolytiques .. 54

VILLEY (Jean). — Le Potentiel chimique 245

Zoologie

DECHAMBRE (Ed.). — Réflexions sur les caractères acquis et leur transmissibilité 177

MAY (Raoul-Michel). — La régénération cérébrale chez les Mammifères 24

III. — BIBLIOGRAPHIE

TABLE ANALYTIQUE DES AUTEURS

NOTE DE LA RÉDACTION. — *Désireux de réduire au minimum la place occupée par les tables, nous nous sommes contentés d'indiquer ci-dessous les noms des auteurs dont les ouvrages ont été analysés dans le tome LVI.*

A

Abély (Dr A.-M.-Paul) 136
Annuaire du Bureau des Longitudes 136

B

Barroux (M.) 232
Bauer (Ed.) 275
Bloch (André) et Guillaumin (Gustave) 232
Boll (Marcel) 41, 232
Borel (Emile) 275
Bourcart (J.) 136
Boutaric (A.) 232
British Chemicals and their Manufacturers 185
Broglie (Louis de) 89
Bryssine (G.), Foury (A.) et Grillot (G.) 136

C

Caron (H.) et Raquet (D.). 137
Cayeux (André de) 232
Chambers (E. G.) 137
Champetier (G.) 41
Chapas (G.) et Charmetant (C.) 185
Cohen (Morris R.) et Drabkin (I. E.) 137
Colombani, Lehmann, Loeb, Pommelet et Raymond 232, 275
Comparat (P.), Ecochard (F.), Lafouerière (J.) et Thibaud (J.) 89
Cork (James M.) 233
Corner (George W.) 137
Costa de Beauregard (O.).. 275

D

Dantchakoff (Véra) 276
Darbon (André) 138
Delachet (André) 276
Denizot (G.) 185
Desville (H.) 233
Destouches (J.-L.) ... 49, 91
Dieudonné (J.) 233

E - F

Esnault-Pelterie (R.) 138
Fabre (René) 90
Fahraeus (Gösta) 185
Favre (Henri) 41
Flore du Congo Belge et du Ruanda-Urundi 276
Fontanges (Général de) ... 41

G

Gagnieu (A.) et Laisné (G.) 233
Gastinel (P.) 276
Gauzit (J.) 49
Géographie Universelle 90
Georghiu (C. V.) 138
Godeaux (L.) 147
Godefroy (René) 138
Goursat (Edouard) 277
Grasse (Pierre-P.) 92, 149
Grégoire (R.), Joliot (F.) et Curie (I.) 90
Grignard (V.) 233
Gröbnet (Wolgang) 147
Guenther (Ernest) 42
Guillaumin (A.) 90, 138

H

Harvey (H. W.) 139
Heitler (W.) 49
Hendrickx (F. L.) 277
Hille (Einar) 139
Hoagland (D. R.) 186
Holm (Ake) 186
Howells (W.) 42
Humbert (Pierre) 234

I - J - K

Inglada (V.) 186
Isotopes (Les), Rapports et discussions 139
Konrad (P.) et Maublanc (A.) 234
Kunholtz-Lordat 193

L

Laffay (J.) 231
Langeron (M.) 234
Lalande (André) 42
Lecomte (J.) 91
Legendre (R.) 234
Le Lionnais (F.) 43
Leroi-Gourhan (A.) 186

Lévy (Paul) 187
Lichty (L. C.) 140
Lothian (G. F.) 187

M

MacRobert (T. M.) 235
Martinet (J.) 140
Martonne (Emmanuel de) .. 91
Mathis (C.) et Pons (R.) .. 43
Matisse (Georges) 277
Melin (Douglas) 187
Mercier (André) 235
Mimeur (J. M.) 278

N - O - P - Q

Obert (Edward F.) 188
Parodi (M.) 91
Pelletier (Jean-Louis) 278
Perrin (Jean) 188
Plantefol (Lucien) 235
Ponse (Kitty) 278

R

Rado (Tibor) 43
Renault (R.) 236
Rey (Abel) 92
Rouch (J.) 44
Rutherford (D. E.) 188

S

Sainte Lague (A.) 92
Sauter (Marc-R.) 236
Sergent (Edmond) et Sergent (Etienne) 44
Sire (M.) 278
Souèges 188
Sousa Torres (A.) et Pires Soares (J. M.) 278
Synthèses Organiques 279

T

Tétry (A.) 236
Thibaud (J.) 140
Timoshenko (S.) 279
Troost (L.) et Péchard (E.) 188
Truhaut (R.) 92

U - V - W

Vera (Francisco) 189
Verdun (M.) 140
Wacksman (Selman A.) ... 44
Weil (A.) 147, 148, 237
Wolff (E.) 93